FSC Fondo per lo Sviluppo e la Coesione

Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

REGIONE CALABRIA

Presidenza del Consiglio dei Ministri – Ministro per gli Affari Europei, il Sud, le Politiche di Coesione e il PNRR

MEF Ministero dell'Economia e delle Finanze

MINISTERO DEL TURISMO

Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica

MINISTERO DELL'INTERNO

Agenzia per la Coesione Territoriale

Mims Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili

INVITALIA L'AGENZIA PER LO SVILUPPO

Aggiudicazione servizio di ingegneria a architettura dell'Agenzia nazionale per l'attrazione degli investimenti e lo sviluppo d'impresa S.p.A. "Invitalia" in qualità di CENTRALE DI COMMITTENZA prot. n. 0255738 del 08.09.2023

ENAC ENTE NAZIONALE PER L'AVIAZIONE CIVILE

AEROPORTO CIVILE DI LAMEZIA TERME (CZ)

SACAL Società Aeroportuale Calabrese

REGOLAMENTO (UE) 139/2014 - CERTIFICAZIONE AEROPORTO E REGOLAMENTO (UE) 2015/1998

A.U. - Accountable Manager	**Maintenance Manager**	**CIRCOLARE ENAC APT-16**
Dott. Marco FRANCHINI	Ing. Filippo MALAFARINA	**Post Holder Progettazione** Ing. Stefania RAIMONDO

S.A.CAL. S.p.A. Società Aeroportuale Calabrese

PROGETTAZIONE ESECUTIVA

(Codice Appalti D. Lgs 50/2016)

Progetto: *"Riqualifica della viabilità e delle aree di sosta"* dell'aeroporto di Lamezia Terme - CIS L03.
-CIG: 9906072D35; CUP: H84G22000040009
Contratto Istituzionale di sviluppo *"CIS Volare"*
Ambito di intervento: Trasporti e mobilità sostenibili - Fondi CIS scheda L03
CONTRATTO SIA SACAL prot. n. n. 007/2024/RCA
PSA (Masterplan 2012-2027) approvazione ENAC nota n.107905 del 24.10.2017
ENAC "Scheda A" - L03 - parcheggi e viabilità

PROGETTISTA DELL'OPERA
Ing. Andrea Benincasa di Caravacio

GEOLOGI
Dott. Geol. Gianluigi Mazzilli - Dott. Geol. Pierluigi Arbore

COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE
Geom. Salvatore Cipolla

BIM MANAGER
Arch. Marcella Blasi

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
Ing. Matteo Mastroianni

Nemesis Ingegneria Srl
Via P. Toselli 6 - Torino
Ing. Andrea Benincasa di Caravacio
Ing. Cristina Alasia
Geom. Salvatore Cipolla
Ing. Elisa Cappuccio
Ing. Fabio Scicchitano
Geom. Juri Salza

Ingegneri Guadagnuolo & Partners Srl
Via A. Gramsci 19 - Lamezia Terme (CZ)
Ing. Alessandro Guadagnuolo
Ing. Luigi Guadagnuolo

SIGEA SaS
Via Savonarola 9 - Corato (BA)
Dott. Geol. Gianluigi Mazzilli
Dott. Geol. Pierluigi Arbore

OGGETTO ELABORATO

RELAZIONE GEOLOGICA

Approvazione ENAC

Riferimento Elaborato	Data	Scala	Codice elaborato	Rev.
	GIUGNO 2025	-	P E T 0 0 E G 0 0 G E O R E 0 2	A

REVISIONI					
A	GIUGNO 2025	PRIMA EMISSIONE	G. MAZZILLI	A. GUADAGNUOLO	A. BENINCASA
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

INDICE

1 PREMESSA 2

2 ARCHITETTURA DEL REPORT 4

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 6

4 ASPETTI VINCOLISTICI 7

4.1 RISCHIO IDRAULICO E NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE 7

4.2 PGRA: PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI 8

4.3 RISCHIO E/O PERICOLO DI FRANE 9

4.4 RISCHIO EROSIONE COSTIERA 10

4.5 QUADRO TERRITORIALE REGIONALE PAESAGGISTICO (QTRP) 14

4.6 PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE DELLA REGIONE CALABRIA 15

4.7 CORPI IDRICI SOTTERRANEI 16

5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO 19

5.1 CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E LITOLOGICHE 19

5.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE 21

5.3 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE 22

5.3.1 ACQUIFERO DI LAMEZIA 23

5.3.2 MODELLO IDROGEOLOGICO 24

6 INQUADRAMENTO MACROSISMICO 26

6.1 ZONA SISMICA 33

7 MODELLO GEOLOGICO 35

7.1 INDAGINI DIRETTE 35

7.1.1 SONDAGGIO MECCANICO 35

7.1.2 STANDARD PENETRATION TEST (SPT) 37

7.1.3 PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CPT 37

7.2 INDAGINI INDIRETTE 38

7.2.1 MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES 38

7.2.2 HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO 40

7.2.3 DOWN HOLE 42

7.2.4 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO 44

8 MODELLO GEOTECNICO 46

9 VERIFICA A LIQUEFAZIONE 47

9.1 VERIFICA A LIQUEFAZIONE 47
9.1.1 ANDRUS STOKOE 47
9.1.2 ROBERTSON WRIDE (1997) 60
9.1.3 SEED IDRISS 76
10 ANALISI AMBIENTALI 89
11 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE 90

1 PREMESSA

La progettazione in oggetto riguarda l'intervento di "*Riqualifica della viabilità di accesso e delle aree di sosta*" dell'aeroporto di Lamezia Terme e prevede la rivisitazione completa della viabilità secondo caselli di ingresso/uscita e accesso alle varie aree a parcheggio che permetta gesstione e distinzione dei flussi di traffico diretti ad aree dei vari servizi che l'area Terminal zona Land-side offre. Il progetto prevede la realizzazione di:

1) Nuove rotatorie finalizzate ad eliminare flussi veicolari tra loro interferenti, nello specifico di una rotatoria centrale di diametro m 50, atta a ridistribuire il traffico veicolare in ingresso tra le future aerostazioni arrivi e partenze;
2) Le relative aree di sosta, che saranno ampliate e riconfigurate,
3) La realizzazione di un'area parcheggio per autobus (inteso come hub) a servizio per il TPL regionale.

Il progetto nello specifico comprende anche:

4) La predisposizone delle opere civili per gli impianti dei caselli di controllo di ingresso/uscita e accesso alle varie aree a parcheggio previste nel land side aeroportuale,
5) La realizzazione di coperture fotovoltaiche su parte delle aree di sosta con colonnine di ricariche elettriche.
6) Attraversamenti del Canale Manchetta con la nuova viabilità in progetto, per consentire l'allargamento della carreggiata e la realizzazione di parti delle due nuove rotatorie.
7) La realizzazione della segnaletica orizzontale e verticale, secondo nuova configurazione;
8) L'ampliamento del parcheggio delle future zone partenze;
9) La rete di raccolta delle acque meteoriche, con relativi impianti di trattamento delle stesse.

Il progetto mira ad adeguare la capacità aeroportuale dei flussi veicolari in coerenza con lo sviluppo previsto del traffico aereo (nel breve-medio termine) e con il progetto relativo ai distinti Terminal passeggeri "Arrivi" e "Partenze".

Il progetto prevede (dopo i caselli di ingresso all'area aeroportuale) la possibilità di dirigersi nella futura zona "Arrivi" o nella futura area "Partenze" grazie anche ad una nuova rotatoria in posizione baricentrica rispetto ai due futuri terminal che dividerà i due flussi, e che sarà funzionale anche alla manovra dei bus per l'uscita dai terminal. Ciò, consentirà la deviazione del flusso in maniera ottimale evitando congestioni tra "Arrivi" e "Partenze" e consentendo all'utente di essere incanalato nei relativi spazi di sosta appositamente definiti, o in alternativa dirigersi all'uscita dove sono previsti ulteriori "caselli" di uscita per il check-out dall'area aeroportuale.

L'intervento, inoltre prevede nuove aree di sosta che saranno realizzate in parte con pavimentazione autobloccante e filtrante, per mantenere un buon livello di superficie permeabile. Inoltre, è previsto l'ampliamento del parcheggio "P2" esistente atto ad incrementare il numero di posti auto fino ad

arrivare ad una disponibilità di ca.850 stalli. Per le aree a parcheggio del "rental car" è prevista la demolizione dell'attuale fabbricato autonoleggi e ampliandoli per una capienza complessiva di ca.480 posti auto. Nel progetto della nuova configurazione del "rental car" si prevede la realizzazione delle sole opere civili per la posizione di n.17 Checkin Cabin e la realizzazione di percorsi pedonali protetti che dalla zona uscita dei futuri arrivi (secondo la riconfigurazione dell'aerostazione con altro appalto – L1 - Progetto di Sviluppo aerostazione passeggeri), che convogli l'utenza sia all'area di sosta dei "rent car" che nelle aree dei parcheggi P1, P2 e nelle aree dette "soste brevi".

2 ARCHITETTURA DEL REPORT

Come specificato in premessa, la progettazione riguarda l'intervento di "Riqualifica della viabilità di accesso e delle aree di sosta" presso l'aeroporto di Lamezia Terme (CZ). In questo contesto è utile richiamare che lo scopo delle indagini e degli studi geologici a supporto della ridetta progettazione è quello di fornire una valutazione geologica, idrologica e idrualica quale documentazione integrante gli atti progettuali, nonché una verifica della compatibilità geomorfologica sulla base di un'analisi comparata tra modello geologico e modello lito-strutturale gravato dalle forzanti antropiche ascrivibili alle nuove infrastrutturazioni previste dal progetto in argomento.
L'area oggetto del presente intervento è mostrata nello stralcio di Figura 1.

Figura 1 - Stralcio Ortofoto

L'intervento di consulenza specialistica, ottemperante al DM di riferimento in materia, è stato esperito sulla base di apposita campagna di prospezioni geognostiche eseguita dagli scriventi in aree concordate con la Stazione Appaltante sulla base degli interventi a realizzarsi.
Gli scriventi, stante il conferimento dell'incarico, verificata l'ubicazione dell'intervento in un settore del tessuto urbano marginale, hanno proceduto alla verifica di compatibilità geomorfologica, ovvero alla determinazione di quei livelli informativi di supporto alla elaborazione del modello geologico, a sua volta precipuo input per la modellazione geotecnica.
In primis è stato approntato il "carotaggio territoriale" del geoDB disponibile (supporti geotematici in dotazione di chi scrive) e sono state verificate le condizioni geolitologiche di base, non già (banalmente) di natura litologica e stratigrafica, bensì della potenza delle coperture, degli aspetti specifici di condizione litostratigrafica dell'interfaccia copertura/substrato.
Nel seguito si dettagliano le risultanze delle attività di verifiche della potenza della lito-struttura "antropica" sovrapposta alla litologia autoctona, mediante l'esecuzione di prospezioni sismiche

eseguite in sito, nonché di indagini dirette. Le attività geognostiche considerate hanno concorso alla ottimizzazione del modello geologico.

L'intervento di consulenza è stato precipuamente rivolto ad una caratterizzazione fisico-elastica dei terreni interessati dalle opere in progetto, ai fini di una valutazione del modello geostrutturale. La zonizzazione fisico-elastica proposta palesa orizzonti piuttosto ben caratterizzati sotto il profilo della deformabilità dinamica.

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il documento che di seguito si presenta costituisce il rapporto di consulenza geologica del sito oggetto di studio, di cui dovranno tener conto le scelte progettuali.

Il progetto delle opere e degli interventi, infatti, per quelli che sono gli aspetti geologici, si articolerà nelle seguenti fasi, così come indicato dal paragrafo 6.2 delle nuove NTC_2018:

1. caratterizzazione e modellazione geologica del sito;
2. scelta del tipo di opera o di intervento e programmazione delle indagini geotecniche;
3. caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce presenti nel volume significativo e definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo.

Il modello geologico, che comprenderà la ricostruzione dei caratteri geologici, litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, in generale, di pericolosità geologica del sito, sarà sviluppato in modo da costituire elemento di riferimento per i progettisti per inquadrare le problematiche geotecniche.

Nel dettaglio, il presente report considererà i seguenti riferimenti normativi:

- O.P.C.M. n.3274 del 20/03/2003;
- O.P.C.M. n.3519 del 28/04/2006;
- D.M. 17/01/2018 (*Norme tecniche per le costruzioni*);
- L. R. 17/09/2020 n. 16 ("Legge sismica regionale");
- Regolamento Regione Calabria – n. 1 del 04 gennaio 2021.

4 ASPETTI VINCOLISTICI

4.1 RISCHIO IDRAULICO E NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE

Nel rispetto del regolamento in materia ambientale, è stata eseguita una ricerca di tipo normativo sulla potenziale presenza di vincoli sulle aree interessate. Tale ricerca è consistita sia in una valutazione di tipo legislativo in senso stretto, sia nell'osservazione su web di particolari mappe tematiche pubblicate da parte degli organi di competenza in materia di tutela del territorio. Infatti, spesso il quadro normativo in senso stretto è corredato, per meglio visualizzare e mappare eventuali aree a rischio, dei cosiddetti web-gis, mediante i quali è possibile avere un quadro chiaro della distribuzione territoriale dei diversi vincoli, laddove presenti.

In riferimento al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.), redatto dall'Autorità di Bacino Regionale della Calabria (A.B.R.), considerando in questo caso le perimetrazioni riferite alle aree a differente grado di pericolosità idraulica, l'edificio in oggetto non interagisce con aree vincolate. L'art. 24 delle Norme di Attuazione e misure di salvaguardia del PAI, al testo aggiornato con Delibera del C.I. n.24 del 02/08/2011, riguardo la disciplina delle aree d'attenzione per pericolo d'inondazione, cita quanto segue:

1. L'ABR, sulla base dei finanziamenti acquisiti, provvede ad effettuare gli studi e le indagini necessarie alla classificazione dell'effettiva pericolosità e alla perimetrazione delle aree di cui all'art. 11.
2. I soggetti interessati possono effettuare di loro iniziativa studi volti alla classificazione della pericolosità delle aree d'attenzione di cui all'art. 9, comma b. Tali studi verranno presi in considerazione dall'ABR solo se rispondenti ai requisiti minimi stabiliti dal PAI e indicati nelle specifiche tecniche e nelle linee guida predisposte dall'ABR.
3. L'ABR, a seguito degli studi eseguiti come ai commi 1 o 2, provvede ad aggiornare la perimetrazione di tali aree secondo la procedura di cui all'art. 2 comma 2.
4. Nelle aree di attenzione, in mancanza di studi di dettaglio come indicato ai commi 1 e 2 del presente articolo, ai fini della tutela preventiva, valgono le stesse prescrizioni vigenti per le aree a rischio R4.

L'art.11 delle stesse norme, individua anche aree storicamente inondate e/o localizzate dai Piani di Protezione Civile e riportate nell'Atlante allegato al Piano; aree all'intorno di tratti e punti critici rilevati (riduzioni di 10 sezioni, ostruzioni, rotture d'argine, ecc.) e indicati negli elaborati del PAI come aree di attenzione, linee di attenzione e punti di attenzione.

Dalla Figura 2 si evince che l'area in oggetto interagisce con aree definite di attenzione e, pertanto, è stato redatto opportuno studio idrologico-idraulico per il quale si rimanda alla Relazione specialistica allegata agli elaborati progettuali.

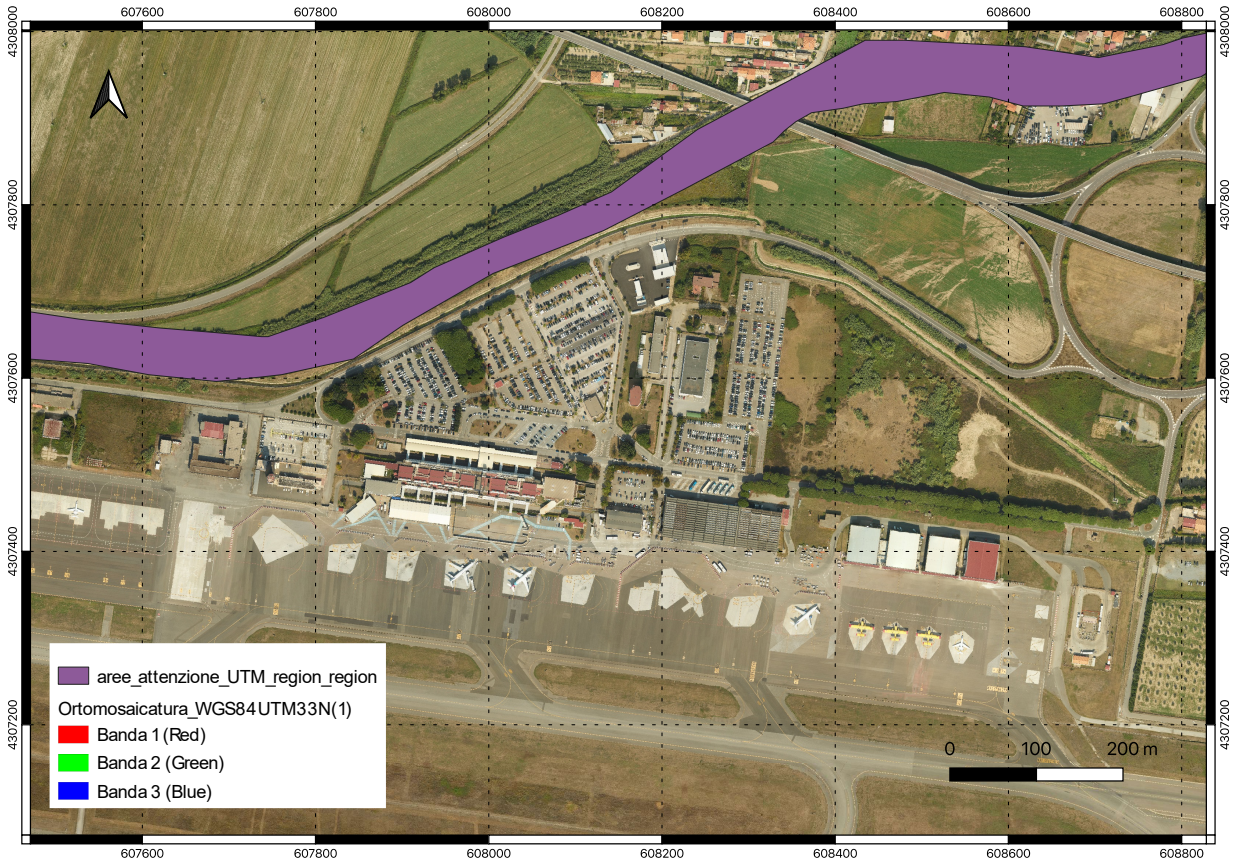


Figura 2 - Perimetrazione Aree a rischio Idraulico

4.2 PGRA: PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI

La direttiva alluvioni è stata recepita in Italia dal D.Lgs. 49/2010, che ha introdotto il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA), da predisporsi per ciascuno dei distretti idrografici individuati nell'art. 64 del D.Lgs. 152/2006 (per questo studio si fa riferimento al distretto dell'appennino meridionale DAM), contiene il quadro di gestione delle aree soggette a pericolosità e rischio individuate nei distretti, delle aree dove possa sussistere un rischio potenziale significativo di alluvioni e dove si possa generare in futuro, nonché delle zone costiere soggette ad erosione.

L'area di intervento si colloca in corrispondenza di una parte della perimetrazione (Figura 3) e, pertanto, si è provveduto alla redazione di uno studio che ne verifichi l'effettiva interferenza e individui gli eventuali interventi di mitigazione del rischio. Per tale studio si rimanda alla relazione specialistica allagata agli elaborati progettuali.

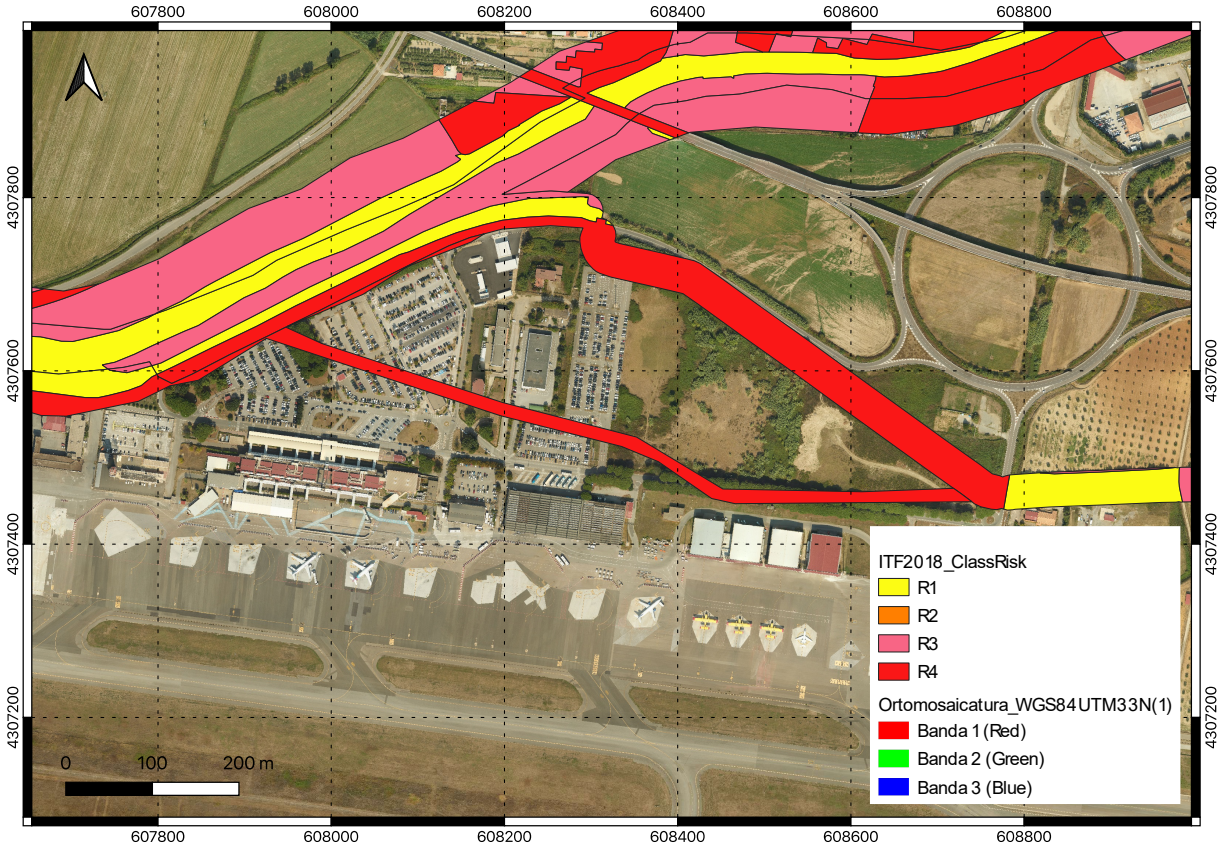


Figura 3 - Stralcio della Carta del PGRA rischio alluvioni.

4.3 RISCHIO E/O PERICOLO DI FRANE

Le indagini sistematiche avviate con il PAI hanno confermato la diffusione sull'intero territorio regionale dei fenomeni gravitativi e la loro concentrazione, sotto il profilo della frequenza spazio-temporale, in particolari distretti morfologici e tettonici di rilevanza regionale. Le conoscenze acquisite consentono di individuare le linee di tendenza dei processi morfoevolutivi sulla base delle quali procedere alla valutazione del rischio a scala regionale in termini di previsione statistico-probabilistica riferita alle frane di prima generazione.

La complessità dell'assetto morfostrutturale regionale determina l'associazione spaziale e la successione temporale dei fenomeni gravitativi non essendo infrequente il caso di grandi frane profonde a lenta evoluzione, alle quali sono associate manifestazioni superficiali di tipo secondario. L'analisi dei dati del rischio associato conferma l'evoluzione verso livelli sempre più elevati correlata ai più recenti fenomeni di urbanizzazione, mentre mostrano buona funzionalità gli interventi strutturali realizzati negli anni cinquanta e sessanta dalla Cassa del Mezzogiorno con tecniche tradizionali.

A tal proposito, il PAI ha provveduto ad individuare aree con pericolo di frana, tracciate in via transitoria sulla base dell'inventario delle frane rilevate, così come definite nelle specifiche tecniche del PAI e localizzate nelle corrispondenti tavole grafiche.

All'interno dell'art. 10 delle NTA si evince che il Piano disciplina l'uso del territorio sulla base del livello di rischio dei fenomeni rilevati, in relazione alle classi di rischio contrassegnate dalle sigle R4, R3, R2, R1 nell'"Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico" (D.P.C.M. 29.09.1998) e nelle specifiche tecniche adottate dalla regione Calabria.

Il PAI disciplina l'uso del territorio anche nelle aree in frana non oggetto delle perimetrazioni di cui sopra, se associate ad aree a rischio. Nelle aree in frana, riportate negli elaborati del PAI senza rischio associato, gli enti competenti dovranno tenere conto delle normative vigenti, in particolare di quanto previsto dall'art. 13 della Legge 64/74.

Si conclude che, sempre facendo riferimento alle perimetrazioni prodotte dall'ABR Calabria, le aree di progetto NON interagiscono con aree a differenti livelli di pericolosità e rischio di aree in frana.

4.4 RISCHIO EROSIONE COSTIERA

La Calabria presenta uno sviluppo costiero di circa 834 Km, tra costa naturale ed artificiale, ed una fisiografia del litorale variabile, con le spiagge che prevalgono sulla costa alta. Sul versante Tirrenico sono ubicate le grandi spiagge sabbiose della Piana di Gioia Tauro, di S. Eufemia, di Scalea che trovano sviluppo nelle pianure costiere situate in corrispondenza della parte terminale dei fiumi Mesima e Petrace, Amato e Lao. Spiagge ciottolose sono localizzate in prevalenza lungo la porzione di litorale Jonico che si affaccia sul golfo di Taranto ove l'unica piana di rilievi in corrispondenza del Fiume Crati è la Piana di Sibari.

Su entrambi i versanti si rinvengono numerose e variamente distribuite sottili spiagge sabbiose alimentate dalle fiumare. I litorali con costa alta sono concentrati sul versante Tirrenico, lungo il Promontorio di Capo Vaticano e nel tratto tra Palmi e Scilla, mentre sul versante Jonico, a sud di Crotone, nel tratto compreso tra il Santuario di Hera Lacinia e Le Castella e nei pressi di Soverato.

Le modificazioni che subiscono le aree costiere del Mediterraneo per effetto dei fenomeni di erosione hanno da tempo destato serie preoccupazioni, tanto da indurre la Comunità Europea a varare il Progetto "Eurosion", con l'obiettivo di fornire alla Commissione europea un pacchetto di informazioni e raccomandazioni per le politiche e le pratiche di gestione per contrastare l'erosione costiera attraverso un piano europeo globale e mediante adeguati strumenti di supporto alle decisioni.

In Calabria, in ragione della lunghezza della costa e per la concentrazione delle attività antropiche, permane alto il rischio di erosione sia per gli insediamenti umani che per le strutture turistiche e per le grandi infrastrutture di trasporto, quali la SS 18 e la linea ferroviaria tirrenica. L'entità dei danni arrecati ripetutamente è rilevante e tale da determinare, tra l'altro, l'emissione di Ordinanze di Protezione Civile ai sensi dell'art. 5 della legge 225/1992 (Ordinanza n.2621 dell'1.07.1997).

Alla base dei processi erosivi stanno, com'è noto, molteplici fattori. Le notevoli ampiezze delle onde in alcuni periodi dell'anno, i processi di rifrazione del moto ondoso, le variazioni climatiche, i mutamenti dei percorsi fluviali nelle zone di foce, il trasporto longitudinale e trasversale dei sedimenti marini, le trasgressioni marine di tipo eustatico, isostatico e tettonico, portano a vistose, anche se lentissime, invasioni del mare. Si tratta, tuttavia, a parte le variazioni delle ampiezze d'onda e del trasporto solido aventi carattere di stagionalità, di fenomeni relativamente lenti, soprattutto se rapportati alla vita umana che, dal punto di vista applicativo, difficilmente possono essere contrastati.
Le cause antropiche dell'erosione delle coste hanno, invece, effetti commensurati alle attività dell'uomo. Basti citare al riguardo i lavori estensivi di rimboschimento nei bacini montani, i rinfoltimento, la sistemazione ed il rivestimento vegetale di terreni franosi, le escavazioni in alveo di sabbia e ghiaia che depauperano gli apporti detritici dei fiumi al mare; la costruzione di manufatti lungo i litorali, che allontanano i getti di foce dalla spiaggia e impediscono i trasferimenti lungo le coste; l'estrazione incontrollata di acqua dal sottosuolo, che determina effetti di subsidenza; la costruzione di casse di espansione delle piene che sottraggono sedimenti fluviali al mare; la distruzione di barre sabbiose naturali sommerse e delle dune costiere, che espone le spiagge all'azione violenta del moto ondoso.
Tra le cause antropiche è opportuno ricordare gli stessi interventi strutturali con barriere frangiflutti e pennelli, messi in opera per contrastare l'erosione stessa. Tali opere, progettate spesso su indicazioni di studi insufficienti e carenti della comprensione dei meccanismi della dinamica meteomarina se, da un lato, hanno sortito l'effetto voluto per le aree interessate dall'intervento, dall'altro hanno accentuato, se non addirittura innescato, i processi erosivi lungo tratti di litorale contigui.
La costruzione di briglie e gli interventi di difesa idraulico-forestale e le sistemazioni di alcuni fenomeni franosi hanno grandemente ridotto il volume di materiale solido disponibile per il trasporto ad opera delle correnti incanalate. Vediamo, infatti, che tutti i sistemi di briglie sono colmi e che, in alcuni tratti montani, sono stati costruiti più ordini di briglie per costruire un letto sovralluvionato per ridurre l'erosione torrentizia. Ma ciò ha causato quello che ora tutti lamentano: una forte erosione delle spiagge, non tanto per incrementata azione marina, ma per diminuzione degli apporti solidi dall'entroterra verso la spiaggia.
Alla data odierna non si dispone ancora di adeguate conoscenze di dettaglio in ordine alla batimetria, al trasporto longitudinale e trasversale dei sedimenti marini; mancano le reti di monitoraggio relativi alla mareografia, peraltro poco diffuse in tutto il Paese; scarse sono le conoscenze relative alla morfologia ed alla sedimentologia marina.
Il PAI ha definito un primo approssimativo modello di approccio all'analisi del rischio di erosione costiera che ha, alla sua base, la definizione qualitativa delle matrici di pericolosità, dedotta

dall'analisi dell'evoluzione della linea di riva, e di vulnerabilità, sulla base delle informazioni relative ai danni arrecati dalle mareggiate ed alla loro frequenza.

La valutazione quantitativa delle modificazioni delle aree costiere è stata condotta attraverso l'analisi delle variazioni della linea di riva espresse in termini di avanzamento/arretramento, nell'arco arco temporale 1954 - 1998, ed ha permesso di individuare complessivamente circa 278 Km di litorale in erosione, mentre 135 sono risultati in rinascimento.

In Figura 4 si riporta uno stralcio della mappa dei comuni costieri con indicazione della percentuale di litorale in erosione.

La costa tirrenica della Calabria si sviluppa per una lunghezza di 240 km circa, compresa tra la foce del Noce a nord, in prossimità del confine regionale con la Basilicata, e Punta Pezzo a sud, nello Stretto di Messina.

Le caratteristiche geomorfologiche dell'intero tratto costiero tirrenico sono estremamente varie, potendosi annoverare ambienti in tutto dissimili tra loro. Compressa per lunghi tratti da alte montagne, la costa si presenta spesso dirupata e scoscesa, rivelando la presenza di rocce arcaiche profondamente fratturate a causa di sommovimenti tellurici, ed in parte sprofondate nel mare.

Fenomeno geologico frequente ed agevolmente leggibile su tutto il territorio è quello dei terrazzamenti marini, i quali contribuiscono non poco all'originalità del paesaggio costiero.

Gli arenili, ad eccezione delle sole pianure costiere di origine alluvionale, si presentano ovunque ristretti ed

in alcuni punti del tutto inesistenti, soprattutto laddove i promontori sono disposti a strapiombo sul mare.

La variabilità dei lineamenti morfologici della costa tirrenica consente, tuttavia, di poter operare una suddivisione dell'intero versante costiero in tratti omogenei più o meno estesi:

- tratto 1: dalla foce del Noce a Capo Bonifati;
- tratto 2: da Capo Bonifati a Capo Suvero;
- tratto 3: da Capo Suvero a Punta di Safò;
- tratto 4: da Punta di Safò a Capo Vaticano;
- tratto 5: da Capo Vaticano a Capo Barbi;
- tratto 6: da Capo Barbi a Punta Pezzo.

Il terzo tratto costiero è rappresentato dalla piana del Golfo di S. Eufemia: esso è compreso tra Capo Suvero e Punta di Safò, in prossimità della località Briatico, ad ovest del porto di Vibo Valentia. Il Golfo di S. Eufemia si è formato, probabilmente, a causa di uno sprofondamento originatosi in seguito a fratture seguite al sollevamento dell'Appennino, poi colmato dai depositi alluvionali del Fiume Amato.

La caratteristica predominante di questo tratto costiero è certamente quella di possedere arenili piuttosto estesi, dalla granulometria sabbiosa o ghiaiosa, arricchiti dagli apporti dell'Amato e

dell'Angitola, che origina dal Lago omonimo. Una fitta schiera di dune parallele alla linea di costa garantisce un buon grado di protezione del litorale dall'azione erosiva del moto ondoso.

TRATTO 3	COSTA (Km)	%	EROSIONE (Km)	%	RIPASCIMENTO (Km)	%	STABILE (Km)	%
CAPO SUVERO – PUNTA DI SAFO'	51,283	6,1	18,565	36,2	31,078	60,6	1,640	3,2

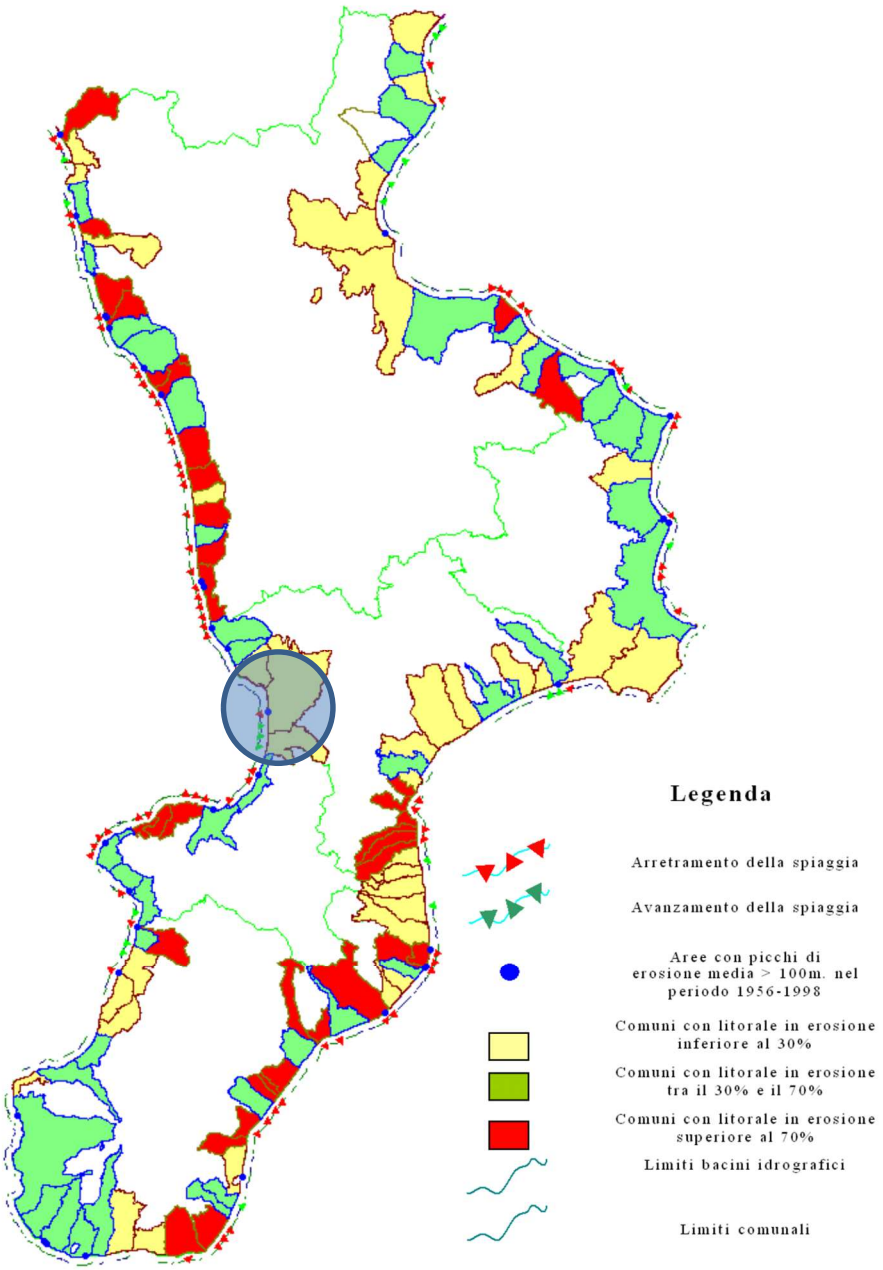


Figura 4 - Mappa dei comuni costieri colorati in base alla percentuale del litorale in erosione

4.5 QUADRO TERRITORIALE REGIONALE PAESAGGISTICO (QTRP)

Il Quadro Territoriale Regionale a valenza paesaggistica (QTRP) è lo strumento attraverso cui la Regione Calabria persegue il governo delle trasformazioni del proprio territorio e congiuntamente del paesaggio, assicurando la conservazione dei loro principali caratteri identitari e finalizzando le diverse azioni alla prospettiva dello sviluppo sostenibile, competitivo e coeso, nel rispetto delle disposizioni della LR 19/2002 e delle Linee Guida della pianificazione regionale di cui al D.C.R. n.106/2006, nonché delle disposizioni normative nazionali e comunitarie.

Il QTRP costituisce il quadro di riferimento e di indirizzo per lo sviluppo sostenibile dell'intero territorio regionale, degli atti di programmazione e pianificazione statali, regionali, provinciali e comunali nonché degli atti di pianificazione per le aree protette. Il QTRP, per definizione strumento di pianificazione territoriale con valenza paesaggistica della Regione Calabria, ricomprende disposizioni di carattere urbanistico e paesaggistico. Esso costituisce la base e contiene gli indirizzi per la redazione del successivo Piano Paesaggistico, composto dall'insieme dei sedici Piani Paesaggistici d'Ambito di cui alla L.U.R. 19/02 e s.m.i.

Il QTRP mira a perseguire i seguenti obiettivi:

- Considerare il territorio come risorsa limitata e, quindi, il governo del territorio deve essere improntato allo sviluppo sostenibile;
- Promuovere la convergenza delle strategie di sviluppo territoriale e delle strategie della programmazione dello sviluppo economico e sociale, ovvero rendere coerenti le politiche settoriali della Regione ai vari livelli spaziali;
- Promuovere e garantire la sicurezza del territorio nei confronti dei rischi idrogeologici e sismici;
- Tutelare i beni paesaggistici di cui agli art.134, 142 e 143 del D.lgs. 42/2004 anche secondo i principi della "Convenzione europea del Paesaggio", ratificata con legge 2 gennaio 2006 n. 14 (GU n. 16 del 20 gennaio 2006);
- Perseguire la qualificazione ambientale paesaggistica e funzionale del territorio mediante la valorizzazione delle risorse del territorio, la tutela, il recupero, il minor consumo di territorio e, quindi, il recupero e la valorizzazione del paesaggio, dell'ambiente e del territorio rurale quale componente produttiva e nel contempo quale presidio ambientale come prevenzione e superamento delle situazioni di rischio ambientale, assicurando la coerenza tra strategie di pianificazione paesaggistica e pianificazione territoriale e urbanistica;
- Individuare i principali progetti per lo sviluppo competitivo delle aree a valenza strategica, sia nei loro obiettivi qualificanti che nei procedimenti di partenariato interistituzionale da attivare;

- Valutare unitariamente gli effetti ambientali paesaggistici e territoriali indotti dalle politiche di intervento, con l'integrazione e la riqualificazione socio-economica degli insediamenti produttivi e residenziali, il miglioramento della mobilità delle persone e delle merci attraverso l'integrazione delle diverse modalità di trasporto su tutto il territorio regionale e la razionalizzazione delle reti e degli impianti tecnologici.
- Fissare le disposizioni a cui devono attenersi le pianificazioni degli enti locali e di settore, al fine di perseguire gli obiettivi di sviluppo territoriale e di qualità paesaggistica individuati inoltre dal Documento per la Politica del Paesaggio in Calabria di cui all'art 8 bis della L.R. 19/02 quale parte integrante dello stesso QTRP.

L'ambito di applicazione del QTRP riguarda l'intero territorio regionale, comprensivo degli spazi naturali, rurali, urbani ed extraurbani.

Allo scopo di costituire una banca dati geografica attualizzata delle aree soggette a vincolo, che possa essere utilizzata per le attività di pianificazione territoriale ai diversi livelli, il QTR si impegna ad ultimare il censimento di tutti i vincoli ed a definire una perimetrazione delle aree vincolate in scala 1:5.000, congruente con la Carta Tecnica Regionale (CTR) ai sensi della L. 431/'85 e successivo D. Lgs 42/'04 con aggiornamenti e applicazioni.

4.6 PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE DELLA REGIONE CALABRIA

Il Piano, predisposto dal Commissario delegato di cui all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3106/1997 ed adottato con Deliberazione della Giunta Regionale N 394 del 30 giugno 2009, fornisce un quadro organico, riferito allo stato delle conoscenze all'epoca della elaborazione, relativamente alle seguenti aree di interesse:

- Caratterizzazione idrologica e morfologica dei bacini di 32 corpi idrici significativi e di 118 bacini con una superficie maggiore di 10 Km^2, con definizione della fisiografia e della idrologia e valutazione delle precipitazioni medie annue e temperature medie annue, dell'evapotraspirazione media annua, degli indici climatici e del bilancio idrologico medio mensile;
- Valutazione della disponibilità naturale dei corsi d'acqua e simulazione del ciclo idrologico e degli accumuli superficiali e sotterranei con approfondimento per 32 bacini significativi;
- Valutazione dei trend annuali delle precipitazioni, temperature e deflussi totali per definire l'indicatore di siccità SPI;
- Valutazione del bilancio idrico tra disponibilità naturali stimate ed utilizzazioni per usi irriguo e potabile, per gli invasi ed i prelievi;
- Valutazione per i 32 bacini significativi del deflusso minimo vitale stimato con due metodi diversi;
- Studio dei bacini idrogeologici del fiume Crati, del fiume Lao, della Piana di Lamezia, di Gioia

Tauro, di Reggio Calabria e Crotone e definizione dei Complessi Idrogeologici e dei Complessi Acquiferi.

Per le aree di cui all'ultimo punto si è proceduto, oltre che alla valutazione del Bilancio Idrogeologico, alla Valutazione della Vulnerabilità Intrinseca e dello stato chimico-fisico delle acque sotterranee. Il Piano segnala che non sussistono sovra sfruttamenti della risorsa idrica sotterranea nelle aree esaminate mentre da un punto di vista qualitativo, sulla base degli indicatori previsti dal D.M. 152/99, sono evidenziate situazioni di diffusa contaminazione per la presenza di nitrati, ferro, arsenico ed alluminio prevalentemente nelle aree vallive.

Il Piano individua le aree di salvaguardia al fine di tutelare l'approvvigionamento idrico potabile e presenta i risultati delle prime campagne di monitoraggio delle acque superficiali.

4.7 CORPI IDRICI SOTTERRANEI

Per le falde acquifere sotterranee e per le acque interne, lacustri e fluviali, le situazioni di pericolosità che assumono rilevanza ai fini della pianificazione sono quelle relative all'alterazione dei serbatoi idrici ed alla possibile contaminazione da fonti inquinanti con conseguenti danni alle caratteristiche fisiche dei serbatoi e a quelle chimico-fisiche e biologiche che possano causare alterazioni degli ecosistemi naturali e con riflessi sulla salute dell'uomo.

A tal fine, il Piano di Gestione delle Acque del distretto idrografico dell'Appennino Meridionale, definisce le cosiddette Strutture Idrogeologiche e le aree di Piana che, individuate e delimitate nell'ambito del Distretto, presentano potenzialità idrica variabile in funzione delle caratteristiche fisiche quali l'estensione, la litologia, la permeabilità, l'alimentazione, diretta e/o indiretta (travasi idrici), ecc. Esse sono raggruppate in "sistemi acquiferi", essenzialmente sulla base della litologia prevalente e della tipologia di acquifero. Dei 187 Corpi Idrici Sotterranei del Distretto, 24 ricadono interamente nella Regione Calabria.

Il Piano individua nella Regione Calabria le Idrostrutture cosidette di tipo A (Carbonatiche) che sono:

- Idrostruttura di Monte Serramale – Cozzo Petraia
- Idrostruttura di Monte Gada – M. Ciagola – Timpone Garraino
- Idrostruttura di Monte Caramolo
- Idrostruttura di Monte Timpone Scifarello
- Idrostruttura di Monte Palanuda
- Idrostruttura dei Monti la Mula – Cozzo del Pellegrino:
- Idrostruttura di Monte Velatro
- Idrostruttura di Monte Vernita
- Idrostruttura di Monte Cava dell'Oro
- Idrostruttura di Monte la Muletta
- Idrostruttura di Monte Montalto

- Idrostruttura di Monte La Serra - Monte Carpinoso
- Idrostruttura di Monte Spina Santa
- Idrostruttura di Monte Cozzo La Limpa
- Idrostruttura di Monte la Caccia
- Idrostrutture ricadenti a ridosso della Regione Basilicata e della Regione Calabria:
- Idrostruttura di Monte Lauria
- Idrostruttura di Monte Pollino
- Idrostruttura di Monte Coppola di Paola

Le Idrostrutture di tipo C (complessi silico-clastici) ricedenti nella Regione Calabria sono:

- Acquifero sabbioso conglomeratico della Piana di Sibari
- Acquifero sabbioso conglomeratico della Piana di S. Eufemia
- Acquifero sabbioso conglomeratico della Piana di Gioia Tauro
- Acquifero sabbioso conglomeratico della Piana diReggio Calabria
- Acquifero sabbioso conglomeratico della Piana di Crotone.

Le idrostrutture di tipo D, Acquiferi di Piana, ricadenti nella Regione Calabria sono le seguenti:

- Piana del fiume Lao
- Piana di Sibari
- Alta e media valle del fiume Crati
- Piana di S. Eufemia
- Piana di Gioia Tauro
- Piana di Reggio Calabria
- Piana di Crotone.

Le altre idrostrutture, di tipo F, sistemi degli acquiferi cristallini e Metamorfici, ricadenti nella Regione Calabria individuate dal Piano sono:

- Idrostruttura del Massiccio della Sila Grande;
- Idrostruttura della Sila Piccola;
- Idrostruttura della Catena Costiera;
- Idrostruttura Le Serre;
- Idrostruttura del Aspromonte.

Nell'ambito della caratterizzazione del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale, ai fini della redazione del Piano di Gestione Acque, viene richiesta la specificazione e rappresentazione cartografica delle aree protette, di cui al Registro delle aree protette, come previsto dalla Dir. 2000/60/CE, all'art. 6, paragrafo 1. Il DLgs n. 152/2006, in recepimento della Direttiva Quadro sulle Acque specifica all'art. 117, comma 3, che le Autorità di bacino, sentite le Autorità d'ambito del servizio idrico integrato, istituiscono entro sei mesi dall'entrata in vigore della norma in esame, sulla base delle informazioni trasmesse dalle regioni, un registro delle aree protette designate dalle

autorità competenti ai sensi della normativa vigente. Il piano di gestione, di cui all'art. 117, commi 1 e 2, contempla la Specificazione e rappresentazione cartografica delle aree protette di cui all'All. 9 - parte terza del decreto -, di seguito elencate:

- Aree designate per l'estrazione di acque destinate al consumo umano;
- Aree designate per la protezione di specie acquatiche significative dal punto di vista economico;
- Corpi idrici intesi a scopo ricreativo, comprese le acque designate come acque di balneazione
  a norma della direttiva 76/160/CEE;
- Aree sensibili rispetto ai nutrienti, comprese quelle designate come zone vulnerabili a norma della direttiva 91/676/CEE e a norma della direttiva 79/409/CEE e 92/43/CEE, recepite rispettivamente con la legge dell'11 febbraio 1992, n. 157 e con D.P.R. dell'8 settembre 1997, n. 357 come modificato dal D.P.R. 12 marzo 2003, n. 120.

Di seguito si riportano in forma schematica i dati relativi ad una quantificazione delle aree protette per la Regione Calabria:

- Aree designate per l'estrazione di acque destinate al consumo umano: sono individuati 26 siti di opere di presa esistenti e potenziali ai fini dell'utilizzazione delle acque per uso umano e 34 Aree di salvaguardia;
- Corpi idrici intesi a scopo ricreativo, comprese le acque designate come acque di balneazione a norma della direttiva 76/160/CEE: vengono individuate le aree di criticità;
- Aree sensibili rispetto ai nutrienti, comprese quelle designate come zone vulnerabili a norma della direttiva 91/676/CEE e le zone designate come aree sensibili a norma della direttiva 91/271/CEE, sono individuate.
    - 12 Aree sensibili
    - Zone vulnerabili da nitratidi origine agricola
    - 4 Zone vulnerabili alla desertificazione (da contaminazione salina).

5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

5.1 CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E LITOLOGICHE

L'area in studio si colloca all'interno e all'esterno dell'Aeroporto Civile Internazionale "S. Eufemia" di Lamezia Terme (CZ) lungo la direttrice Est-Ovest. Dal punto di vista geologico-strutturale l'area di sedime aeroportuale ricade sulla parte marginale dell'ampia piana alluvionale che si estende fra l'area pedemontana ed il mare, rappresentata sul foglio geologico n°241 INO denominato "Nicastro" della Carta Geologica d'Italia, e nel Foglio IGM 241 I SW denominato "San Pietro a Maida Scalo".

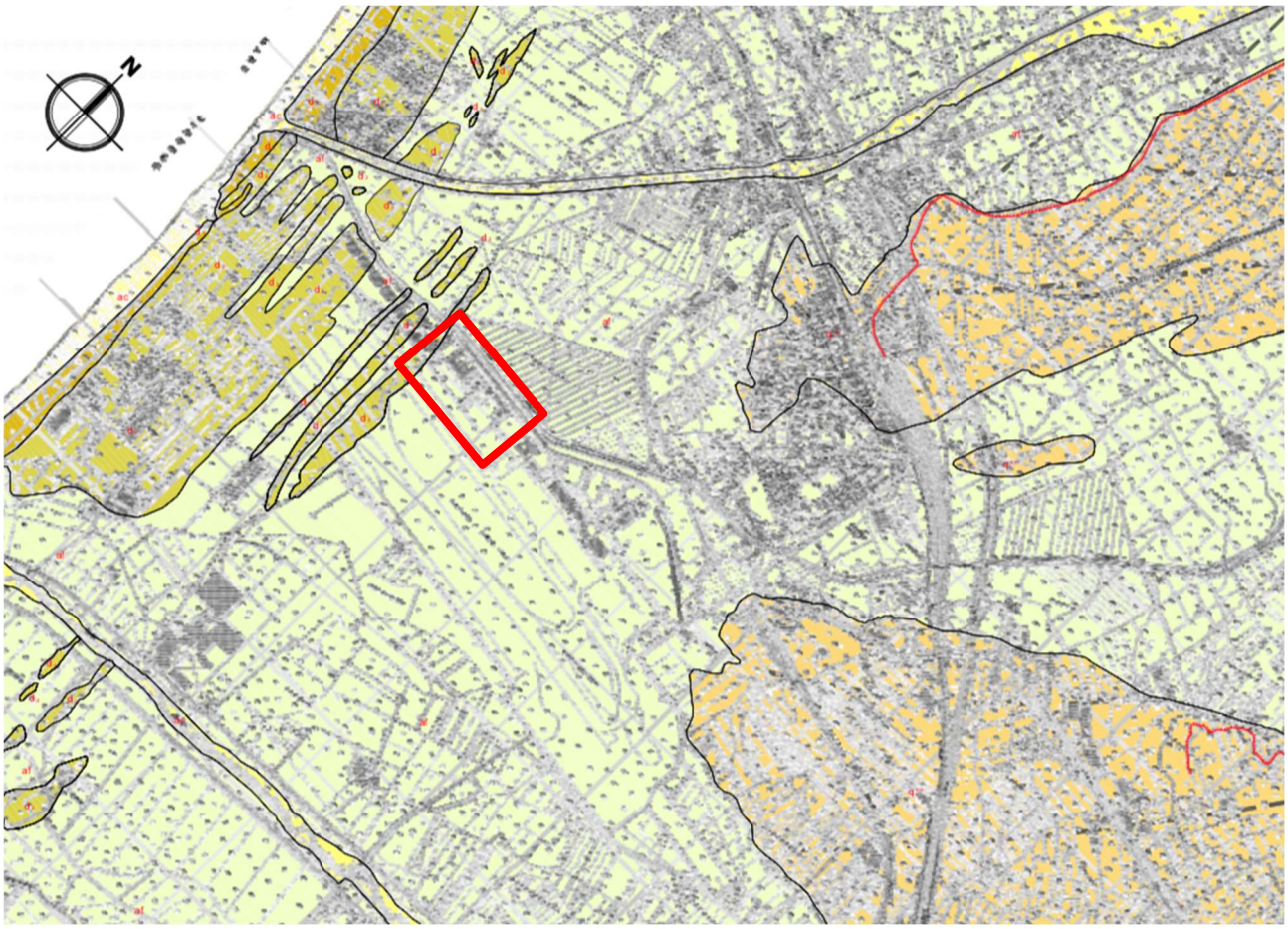
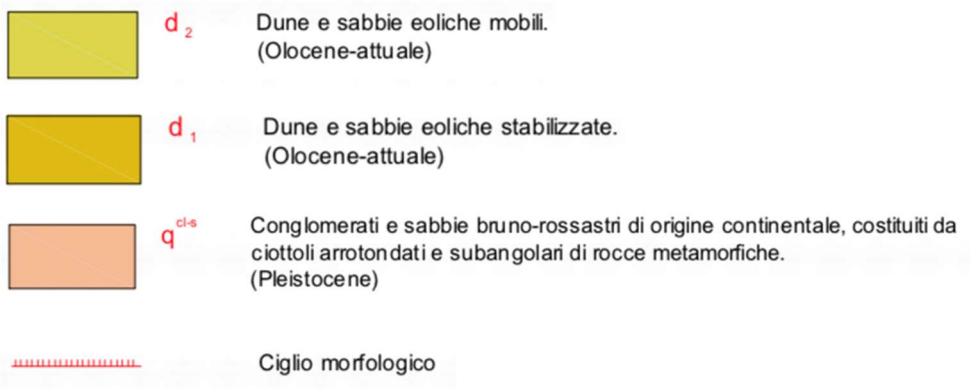


Figura 5 - Stralcio Carta Geologica

ac — Depositi alluvionali sciolti formati da sabbie con ghiaie, ciottoli e blocchi. Depositi litoranei. (Olocene - attuale)

af — Depositi alluvionali fissati dalla vegetazione formati da sabbie con ghiaie, ciottoli e blocchi con intercalazioni limoso-argillose e/o limoso-sabbiose. (Olocene - attuale)



Le unità affioranti nello stralcio di Figura 5 sono dettagliate nell'elenco di seguito riportato:

- **Conglomerati sabbiosi continentali (q^{cl-s})**

In alcune zone delle pendici montuose-collinari sono presenti depositi ciottoloso-sabbiosi di origine eluvio-colluviale costituiti da materiale di degradazione e di disfacimento del substrato roccioso metamorfico; sono quindi composti da ciottoli di origine metamorfica arrotondati e/o subangolari giustapposti o cementati da una matrice sabbioso-limosa. Al contatto con il sottostante substrato filladico è localmente presente una patina argillosa, anch'essa prodotto di alterazione e di degradazione del complesso metamorfico. Questi depositi sono in genere di spessore limitato, dell'ordine di qualche metro.

- **Depositi alluvionali (qcl-s, af, ac)**

L'ampia piana che si sviluppa dalle pendici collinari sino alla linea di costa è sede di estesi depositi alluvionali di rilevante spessore, trasportati dai corsi d'acqua attraverso una continua azione erosiva nella parte montana dei loro alvei e depositati nella suddetta piana ove la rapida riduzione di pendenza ha smorzato l'energia di trasporto. La piana lametina è quindi formata dalla coalescenza di numerose conoidi di deiezione, di età pleistocenica, posizionate al termine dei numerosi corsi d'acqua ivi confluenti. I materiali alluvionali sono formati da clasti eterometrici, da subangolari ad arrotondati, di rocce metamorfiche. Questi depositi sono altamente stabilizzati e dotati di elevata permeabilità per porosità. A tratti la continuità di affioramento delle conoidi è interrotta da depositi alluvionali recenti, da ricondurre ad episodi di esondazione avvenuti nel tardo Olocene e nell'attuale. I depositi di alveo fluviale, in particolare, vengono distinti in mobili e fissati dalla vegetazione.

Nella fascia di piana più vicina alla costa, esternamente ai depositi alluvionali di tipo deiettivo, sono ancora presenti depositi alluvionali ma a granulometria più fine, variabile dalle sabbie ai limi ed ai limi argillosi, che in profondità passano a depositi ghiaioso-sabbioso-ciottolosi.

- **Depositi eolici (d_1, d_2)**

La fascia di territorio comunale prossima alla linea di costa è costituita da una serie di depositi sabbiosi di genesi eolica, che hanno assunto un aspetto duniforme. Trattasi di materiali di origine clastica granulari, di assortimento granulometrico molto limitato, dotati di grado di addensamento medio e crescente con la profondità.

Il territorio comunale di Lamezia Terme è geologicamente composto da una sequenza sedimentaria di recente deposizione poggiante su un substrato metamorfico antico. I contatti tra i depositi sedimentari ed i depositi metamorfici sono in genere di tipo stratigrafico, fatta eccezione per il contatto tra l'unità dolomitica ed il complesso metamorfico filladico che risulta essere di tipo tettonico, per sovrascorrimento di quest'ultimo sull'unità sedimentaria.

5.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il territorio del comune può essere schematicamente diviso in tre ambiti morfologici principali: il medio e l'alto versante, le zone debolmente acclivi o pianeggianti della piana alluvionale e la fascia costiera.

Il paesaggio collinare-montano è intagliato da una serie di corsi d'acqua ad andamento subparallelo, con ampi bacini imbriferi. I più importanti, da ovest verso est sono: Zinnavo, Bagni, Cantagalli, Piazza e Canne. Questi torrenti hanno svolto un'intensa attività erosiva e di trasporto solido nei tratti montani, depositando nei tratti di pianura una grande quantità di materiale clastico che ha formato una serie di conoidi intersecantesi tra loro che occupano una vasta area territoriale appartenente alla fascia pedecollinare. A sud di questa fascia inizia la piana alluvionale "bassa" che ricade nel dominio degli alvei del fiume Amato e del Bagni-Cantagalli. Questa piana ha un aspetto morfologico decisamente diverso da quello di conoide, in accordo con il trasporto solido decisamente meno grossolano. Il paesaggio costiero è caratterizzato invece da una serie di dune eoliche prospicienti la linea di costa.

Nel settore del medio ed alto versante collinare ed anche nei fianchi vallivi della parte più interna delle piane alluvionali, è evidente una marcata fragilità morfologica, con dinamiche di dissesto strettamente collegate al deflusso delle acque superficiali ed all'azione della gravità, con marcata suscettibilità a fenomeni di tipo superficiale.

L'origine di questa fragilità è riconducibile sia alla natura litologica delle rocce affioranti sia alle condizioni climatiche locali, caratterizzate, come già evidenziato, da precipitazioni di breve durata e forte intensità. L'instabilità del territorio collinare e montano è di vario ordine e grado, dal soliflusso al creep fino a forme di dissesto più complesse, estese e profonde, a carico della coltre detritica di alterazione e delle fasce della formazione filladica più intensamente fratturate. In molti casi i fenomeni gravitativi appaiono ormai esauriti o stabilizzati, mentre in altre situazioni i movimenti franosi si trovano in una fase di quiescenza con chiari segni di predisposizione alla riattivazione, ad esempio in occasione di eventi meteorici intensi e prolungati o sollecitazioni sismiche.

Il processo di dissesto è inoltre favorito dalla ramificazione del reticolato idrografico minore, che si trova esso stesso in condizioni di dissesto a causa anche della complessiva assenza di un'efficace gestione e manutenzione idraulica delle aree extraurbane.

I generale, i terrazzi morfologici costituiti dai depositi conglomeratico-sabbiosi presentano un grado di stabilità sufficiente nelle zone a moderata acclività mentre, nei tratti a maggior pendenza, l'azione di dilavamento delle acque di ruscellamento favorisce l'instaurarsi di movimenti franosi diffusi anche se relativamente superficiali.
Le caratteristiche di fragilità del territorio sono confermate dagli studi condotti dall' Autorità di Bacino regionale nel quadro del Piano Stralcio per l' Assetto Idrogeologico, di cui sono riportate in immagini ridotte le carte di sintesi della pericolosità per frana. Secondo questo studio, i fenomeni gravitativi che interessano le aree edificate ed i territori circostanti sono ascrivibili a dissesti di tipo sia superficiale sia profondo, in atto o quiescenti.

5.3 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Nel territorio regionale si individuano acquiferi con differenti caratteristiche e diverso significato idrogeologico. In base alle caratteristiche intrinseche delle formazioni si riconoscono acquiferi permeabili per porosità, per fessurazione, per carsismo e di tipo misto (PTA Regione Calabria).
Relativamente alla capacità produttiva si hanno acquiferi che per dimensioni e grado di permeabilità consentono l'immagazzinamento di elevati volumi di risorse idriche ed acquiferi che non avendo dette caratteristiche sono considerati di scarso interesse idrogeologico.
Tra i depositi detritici recenti, gli acquiferi alluvionali di fondo valle dei principali corsi d'acqua e delle pianure costiere costituiscono il tema idrogeologico di maggiore interesse dell'intera regione per volumi di risorse immagazzinate e per favorevoli condizioni logistiche e quindi di sfruttamento.
Si tratta di acquiferi porosi caratterizzati da valori medi di permeabilità sull'ordine di 10^{-3} - 10^{-5} m/s, con valori localmente più alti (10^{-2} - 10^{-4} m/s) in presenza di termini ghiaioso-sabbiosi e valori più bassi (10^{-4} - 10^{-6} m/s) in corrispondenza dei depositi costituiti prevalentemente da sabbie fini e argille o limi, caratteristici dei materiali semipermeabili.
A questi depositi si aggiungono i livelli conglomeratici dei vari ordini di terrazzi marini e fluviali dove la permeabilità è da media a bassa per la presenza di abbondante matrice sabbioso-siltosa. Diversamente si comportano i depositi sabbioso- limosi fluvio-lacustri in cui la permeabilità diminuisce notevolmente. Tra le formazioni caratterizzate da permeabilità per fessurazione, valori elevati della permeabilità si riconoscono in gran parte del complesso calcareo-dolomitico dei massicci settentrionali. All'interno della rete acquifera originata dalla tettonica si sviluppa infatti un'attiva circolazione idrica che alimenta le importanti manifestazioni sorgentizie del versante settentrionale, localizzate in territorio lucano, e quelle del versante meridionale, localizzate in territorio calabro.
Le falde di maggiore potenzialità sono localizzate nelle aree con maggiore estensione e spessore dei depositi alluvionali e conglomeratico-sabbiosi delle pianure e delle fasce costiere dei versanti tirrenico e ionico e nelle aree di affioramento dei termini calcareodolomitici al confine calabro-lucano.

Lungo il versante tirrenico, le falde più estese e di maggiore potenzialità sono presenti nei depositi alluvionali della fascia costiera di Reggio Calabria - Villa S. Giovanni e delle pianure di Gioia Tauro - Rosarno, S. Eufemia e F. Lao. Esse si estendono a monte lungo le valli dei corsi d'acqua che solcano dette pianure, risultando alimentate principalmente dai deflussi superficiali e sotterranei provenienti dai retrostanti sistemi collinari e montuosi. Si tratta di falde libere o semiconfinate, con direzione dei deflussi diversamente orientati ma tendenti ad ovest, sostenute da formazioni argillose e arenacee a ridotta permeabilità.

5.3.1 ACQUIFERO DI LAMEZIA

La tratta da Catanzaro a Lamezia Terme attraversa uno dei maggiori corpi acquiferi della regione, ovvero quello della piana di Sant'Eufemia, impostato all'interno dei depositi alluvionali recenti e attuali.

La vasta pianura solcata dal Fiume Amato e da altri corsi d'acqua minori è costituita da depositi alluvionali recenti e attuali che occupano una superficie di oltre 200 km^2; essa è delimitata nell'entroterra da rilievi collinari e montuosi di altitudine fino a circa 1000 m, costituiti da terreni di varia natura (sedimentari, metamorfici e plutonici) e di diversa età, con differenti caratteristiche idrogeologiche. Rispetto a questi terreni, i depositi alluvionali ed i termini sabbioso-conglomeratici infrapleistocenici rivestono maggiore interesse idrogeologico.

L'insieme dei depositi alluvionali della pianura, dei fondi valle dei corsi d'acqua e dei terrazzi pedemontani, unitamente alle sabbie dunari presenti lungo la costa, costituisce un acquifero superficiale di spessore variabile dai 20 - 30 m lungo le valli ai 50 - 100 m in corrispondenza della pianura ed in prossimità del litorale. L'articolazione della superficie piezometrica mette in evidenza un deflusso della falda convergente verso la costa, con valori del gradiente idraulico relativamente elevati lungo la valle del Fiume Amato (1,5% - 0,6%) e decisamente più bassi nell'area pianeggiante (0,4 - 0,2%).

Ai margini dei depositi terrazzati e lungo la valle del Fiume Amato scaturiscono importanti sorgenti, indicative del drenaggio della falda contenuta nei depositi clastici più grossolani da parte del corso d'acqua. La falda nel suo insieme è sfruttata mediante numerosi pozzi scavati di limitata profondità (5 - 30 m) e perforazioni di profondità variabile da 80 - 100 m ad un massimo di oltre 300 m; i pozzi più profondi interessano, oltre che i depositi alluvionali, i sottostanti termini del complesso sabbioso-conglomeratico. La portata dei pozzi scavati è sull'ordine di qualche l/s, mentre quella delle perforazioni più profonde è variabile da pochi l/s ad oltre 50 l/s. La qualità dell'acqua prelevata dai pozzi indica l'esistenza di un processo di deterioramento per intrusione salina fino a circa 1 km dal litorale, conseguenza dei consistenti prelievi in atto principalmente per scopi irrigui. A ciò ha contribuito la captazione di numerose sorgenti, le quali in precedenza alimentavano costantemente il deflusso di subalveo dei corsi d'acqua.

5.3.2 MODELLO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista Idrogeologico, lo schema generale di circolazione idrica sotterranea dell'area è articolato in:

a) Un acquifero superficiale non confinato che ha sede nei depositi alluvionali, nei fondivalle e nei depositi sabbiosi costieri (Cas. Mez., 1978; Cuiuli, 2012), ed è caratterizzato da una piezometria compresa tra i 200 m e i 2,5 m dal livello del mare (Cuiuli 2012);
b) Un acquifero intermedio in pressione, oggetto del presente studio, confinato al tetto ed al letto che ha sede nei depositi Sabbioso - Arenacei pliocenici posti a profondità comprese i 160 m e i - 280 m circa dal livello del mare;
c) Un acquifero intermedio in pressione, oggetto del presente studio, confinato al tetto ed al letto che ha sede nei depositi Sabbioso - Arenacei pliocenici posti a profonditaÃÄ comprese i 160 m e i - 280 m circa dal livello del mare.

Per ciò che concerne la struttura dell'acquifero, l'analisi delle stratigrafie censite conferma l'assetto ipotizzato dai dati in bibliografia, ovvero che lo stesso è costituito da depositi di sabbie ed arenarie plioceniche caratterizzate da una granulometria da media a grossolana, tamponate al tetto da uno strato argilloso che separa l'acquifero superficiale da quello intermedio. In particolare, questo strato è costituito da argille plioceniche, localmente limose e sabbiose, di spessore variabile tra i 10 m ed i 200 m a seconda dei settori della piana. La presenza di un orizzonte argilloso di confinamento al tetto dell'acquifero rende la falda in pressione, con significative risalite del livello piezometrico nei pozzi della piana, in alcuni casi anche al di sopra del piano campagna. Tuttavia, il grado di permeabilità delle argille può aumentare localmente, in funzione delle percentuali di sabbia e limo presenti, generando, in queste lenti, limitati fenomeni di drenanza tra i due acquiferi. Inoltre, sono possibili collegamenti idraulici tra le falde per risalita d'acqua lungo le faglie presenti nell'area di studio (Figura 6).

Sulla base dei dati e della bibliografia disponibile dunque, nell'area oggetto di studio la falda superficiale sarebbe collocata a profondità piuttosto variabili, ed in particolare, a partire da Lamezia tra pochi m. al di sotto del p.c., a oltre 30 m da p.c. in prossimità delle aree più periferiche dell'acquifero (Nicastro).

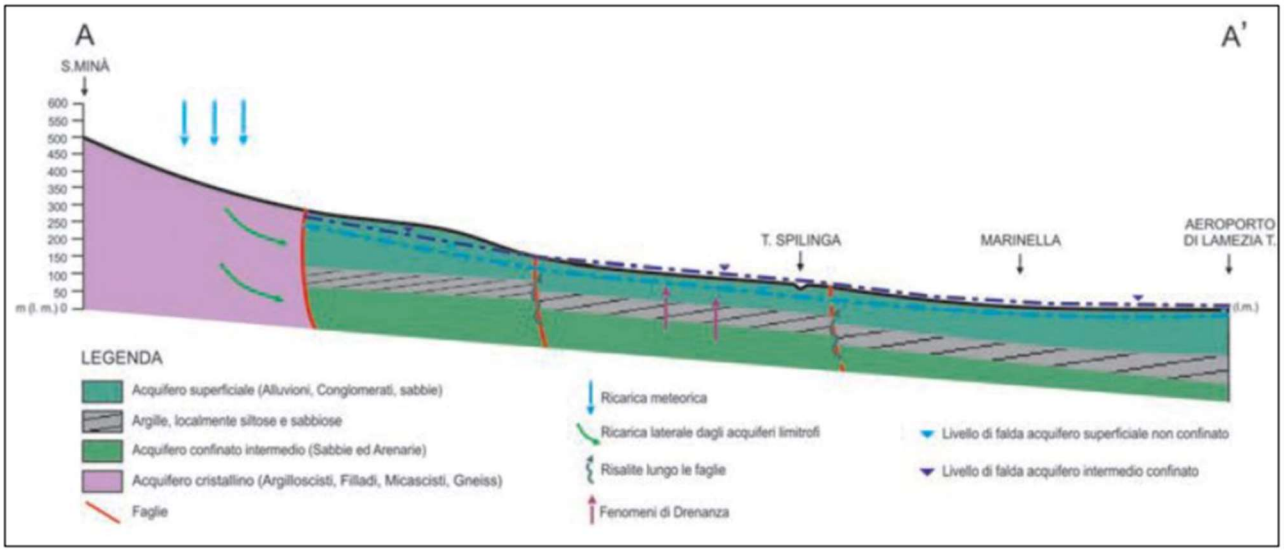


Figura 6 - Modello idrogeologico concettuale della piana di Sant'Eufemia

6 INQUADRAMENTO MACROSISMICO

Per quanto riguarda l'aspetto sismotettonico, l'area risulta interessata da strutture tettoniche in grado di provocare forti sismi e, quindi, di produrre effetti visibili sulla superficie del suolo come frane, liquefazione e danni strutturali sugli edifici.

Fino al 2002 la zonazione sismogenetica ZS4 ha rappresentato il punto di riferimento per la maggior parte delle valutazioni di pericolosità sismica nell'area italiana. Gli sviluppi più recenti delle conoscenze in materia di sismogenesi hanno evidenziato talune inconsistenze del modello di zonazione. Per superare questo stato di cose e rendere disponibile, nel breve tempo, una zonazione utilizzabile, si è convenuto di disegnare una nuova zonazione, denominata ZS9 (Figura 7). La zonazione sismogenetica ZS9 è il risultato di modifiche, accorpamenti ed elisioni delle numerose zone di ZS4 e dell'introduzione di nuove zone il cui elemento di novità, oltre naturalmente al catalogo sismico, è rappresentato dall'introduzione delle conoscenze più recenti sulla geometria delle sorgenti sismogenetiche.

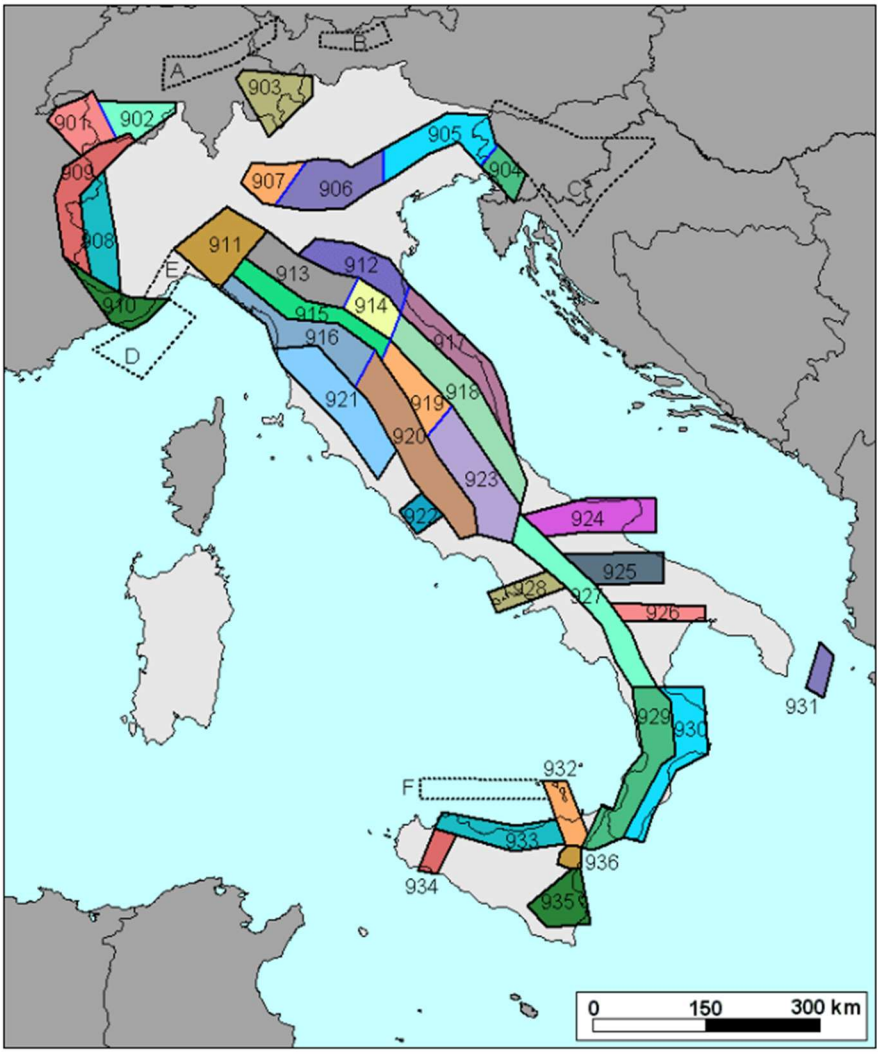


Figura 7 - Zonazione sismogenetica ZS9

Le zone sorgenti della Calabria in riferimento alla zonazione ZS9 sono due e dividono la Regione in una fascia tirrenica (zona 929) ed in una ionica (zona 930). La zona 929 è rappresentata dai terremoti di più elevata magnitudo cha hanno interessato i bacini del Crati, del Savuto e del Mesima fino allo Stretto di Messina. Viceversa, sul lato ionico della Calabria solo 4 eventi hanno superato un valore di magnitudo pari a 6.

Negli ultimi decenni non si sono verificati in Calabria sismi di forte intensità, ma nel passato, la Calabria è stata teatro di alcuni tra i sismi più catastrofici verificatisi in Italia che hanno provocato decine di migliaia di vittime e la distruzione di interi centri abitati. La pericolosità dei sistemi presenti nell'area che sono stati in passato sede di forti terremoti e che risultano essere tuttora sorgenti di terremoti è nota in letteratura (Figura 8).

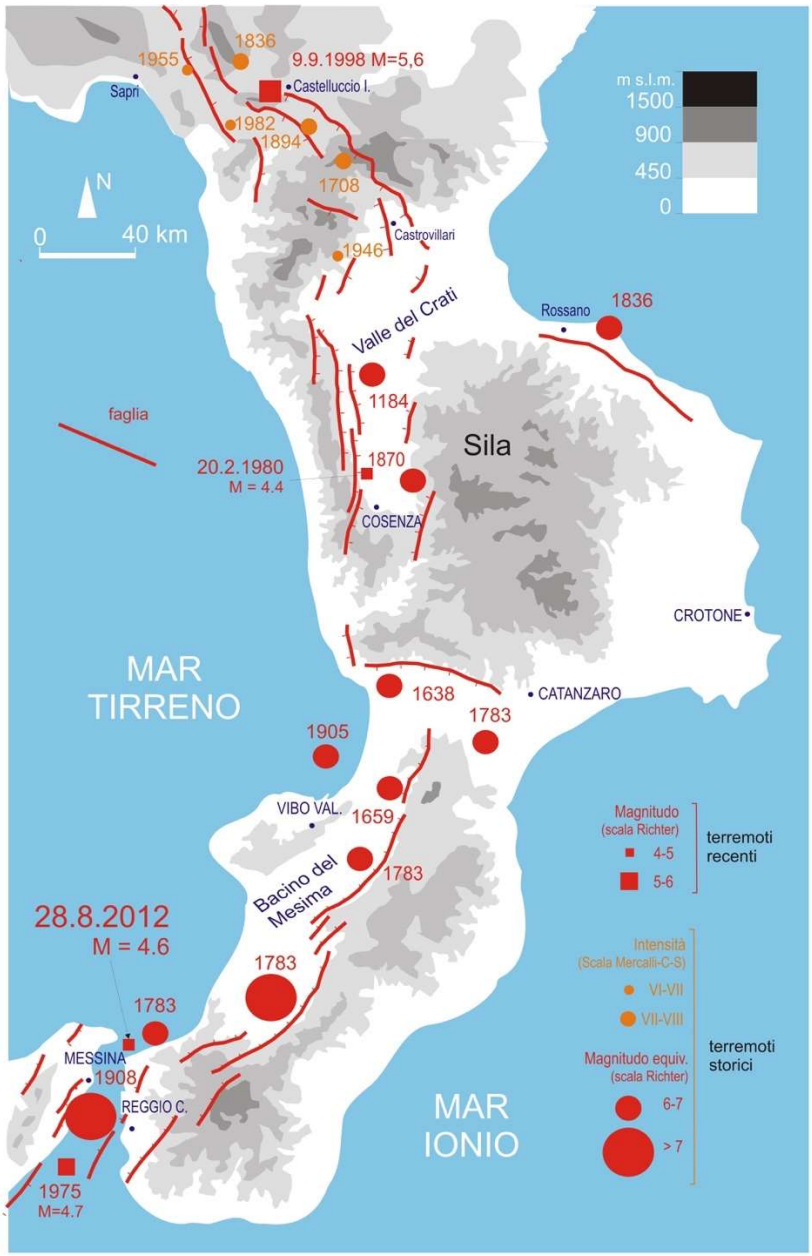


Figura 8 - Principali faglie e terremoti che hanno colpito la regione in epoca storica.

L'area in esame dal punto di vista geologico si trova nel tratto centrale dell'Arco Calabro che è caratterizzato da un alto rilascio di energia simica (Figura 9). L'analisi sulla sismicità dell'area viene realizzata sulla base degli eventi storici verificatisi nell'area.

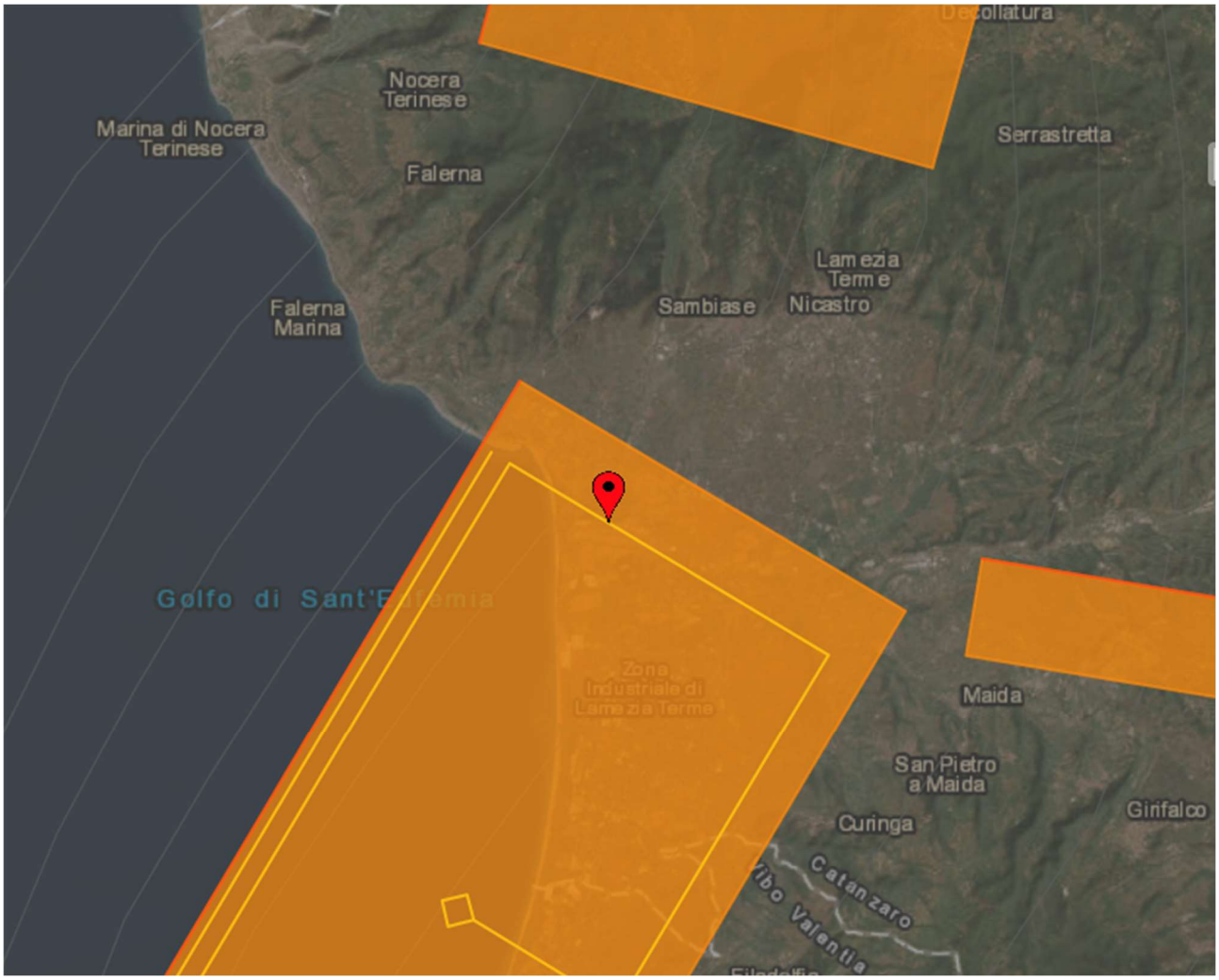


Figura 9 - Principali faglie attive del database delle sorgenti sismogenetiche italiane accessibile alla pagina www.diss.ingv.it

Sfogliando il catalogo parametrico dei terremoti italiani dell'INGV, consultabile sul sito internet https://emidius.mi.ingv.it, è possibile ricostruire la storia sismica dell'area investigata. Attraverso la consultazione del catalogo è possibile rendersi conto dei principali (e più significativi) terremoti che hanno avuto come epicentro aree vicine.

Il 1638 in Calabria è ricordato come un anno di grandi terremoti. Fu in quell'anno, infatti, che si verificò la prima importante sequenza sismica conosciuta tra quelle che nel corso della storia hanno ripetutamente colpito la regione. Forti terremoti sono noti anche nei secoli e decenni precedenti (ad esempio il terremoto del 1184 nella Valle del Crati, o quello che nel 1626 distrusse Girifalco), ma la serie di violente scosse che colpirono la Calabria centro-settentrionale tra il marzo e il giugno del

1638 è, per ampiezza dell'area devastata ed entità delle distruzioni, paragonabile alle sequenze che nel 1783 e nel 1905-1908 colpirono gran parte della regione.

Quelli del 1638 sono anche i terremoti più distruttivi che, negli ultimi 1000 anni, hanno interessato il settore centro-settentrionale della Calabria. Inoltre, sono eventi ben documentati, descritti da numerose relazioni e memorie pubblicate a breve distanza dal disastro. Testimonianze, osservazioni dirette e resoconti di prima mano costituiscono un cospicuo e attendibile patrimonio di informazioni che ha permesso ai sismologi storici di determinare con precisione l'area dei danni più gravi e l'estensione della zona colpita, nonché di delineare l'impatto sociale ed economico dell'evento. Le prime scosse distruttive avvennero nei giorni 27 e 28 marzo e colpirono un'ampia fascia del versante tirrenico tra la Valle del Crati e il Vibonese; il secondo forte terremoto avvenne l'8 giugno e causò gravissimi danni prevalentemente sul versante ionico della Sila. In questo articolo verranno descritti i terremoti del marzo 1638, riservandoci di trattare quello di giugno in un articolo futuro.

La prima forte scossa avvenne nel pomeriggio del 27 marzo 1638, verso il tramonto (alle ore 21 e mezza in orario "all'italiana"), e fu un evento catastrofico, con effetti che raggiunsero il grado 11 della scala MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg). Nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI11, che riprende lo studio di Guidoboni et al. (2007), questo terremoto è riportato come un'unica grande scossa con magnitudo equivalente (calcolata sulla base della distribuzione delle intensità macrosismiche) Mw pari a 7.0, tra le più elevate della storia sismica italiana. Secondo altri autori, tuttavia, le distruzioni furono causate da almeno 3 distinte e violentissime scosse avvenute tra il 27 e il 28 marzo (Galli & Bosi, 2003). Quella del pomeriggio del giorno 27, un sabato, fu la più forte e colpì il territorio compreso tra l'alta Valle del Crati e la valle del Savuto, a sud di Cosenza, al confine tra le attuali province di Cosenza e di Catanzaro, dove diversi paesi – tra cui Diano, Carpanzano, Martirano, Conflenti, Motta Santa Lucia, Rogliano, Grimaldi, Scigliano, Savuto, Mangone – furono completamente rasi al suolo (Guidoboni et al. 2007).

Il giorno successivo, 28 marzo (che quell'anno coincideva con la domenica delle Palme), due nuove forti scosse colpirono il territorio posto immediatamente a sud di quello interessato dalla prima, forte scossa. Questi due nuovi eventi colpirono la parte nord-occidentale della Stretta di Catanzaro, nella zona tra Sambiase, Lamezia Terme e Sant'Eufemia, e la zona del Vibonese, sul versante occidentale delle Serre, estendendo così verso sud l'area degli effetti distruttivi rispetto al terremoto del 27 marzo.

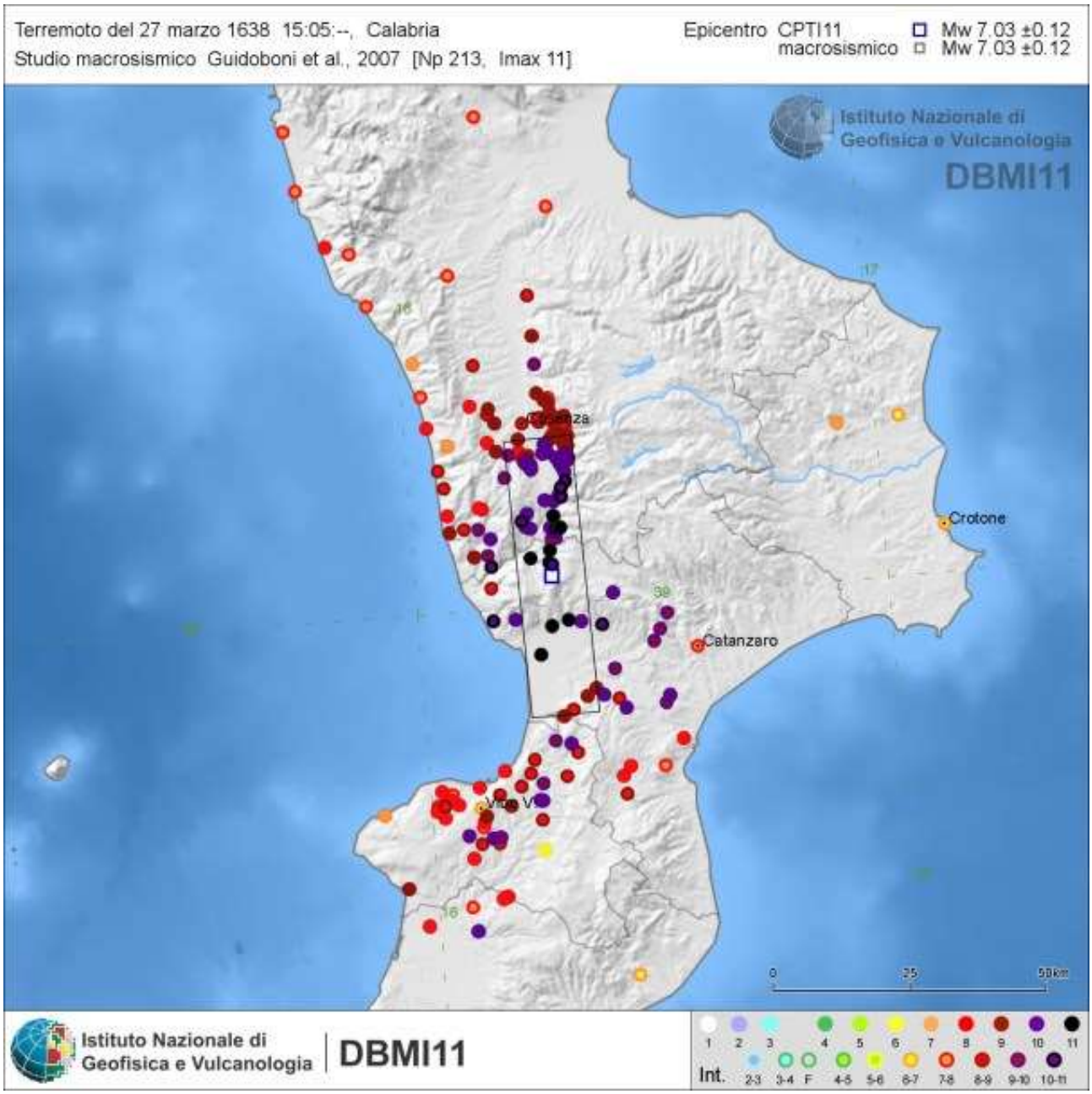


Figura 10 - Terremoto del 27 marzo 1638

In quest'ottica, la magnitudo Mw 7.0 riportata nel catalogo CPTI11 sarebbe in realtà sovrastimata e deriverebbe dalla somma complessiva degli effetti di queste singole scosse, che, di fatto, avrebbero avuto ciascuna una magnitudo più bassa. Galli & Bosi (2003), infatti, stimano una magnitudo equivalente Mw 6.8 per l'evento del pomeriggio del 27 marzo, e Mw 6.6 per entrambe le scosse del 28 marzo, da intendersi come valori massimi proprio per l'effetto di cumulo dei danni. In ogni caso, scosse molto violente; a titolo di paragone, si consideri che il terremoto dell'Irpinia del 1980 ebbe Mw 6.9 e quello del 6 maggio 1976 in Friuli Mw 6.5.

Che si sia trattato di una sola grande scossa di Mw 7.0 o, più verosimilmente, di tre forti scosse con Mw > 6.5, il quadro complessivo degli effetti causati dal terremoto di fine marzo non cambia, ed è uno scenario di immane distruzione. Tutta la regione fu interessata da effetti di danno: danni gravi si ebbero fino a Rosarno, verso sud, e fino a Scalea e a Castrovillari, verso nord. Danni più leggeri furono riscontrati verso sud fino alla zona dell'Aspromonte e a Messina, dove crollò parzialmente la copertura della cattedrale, verso est fino a Crotone, e verso nord fino a Maratea, dove furono rilevate leggere lesioni.

Come abbiamo detto, gli effetti più gravi e distruttivi interessarono un'ampia fascia della Calabria centrale tra la Valle del Crati e il Vibonese. Secondo lo studio di Guidoboni et al. (2007), complessivamente i centri che subirono importanti distruzioni e crolli estesi (con effetti uguali o superiori al grado 9 MCS) furono 107, diciassette dei quali furono completamente rasi al suolo (con effetti superiori al grado 10 MCS). Un'altra novantina di località subì danni gravi e crolli parziali, tali da rendere inabitabili numerose abitazioni (effetti superiori al grado 7 MCS). Fra queste anche Cosenza, dove una ventina di edifici crollò completamente e quasi 600 rimasero gravemente lesionati e riportarono crolli parziali. Tredici fra chiese e monasteri furono distrutti o seriamente danneggiati. Notevoli distruzioni interessarono anche il Castello e il Duomo, di cui crollò il campanile. A Catanzaro i danni furono meno gravi, ma comunque rilevanti: moltissimi edifici rimasero più o meno seriamente lesionati, oltre 300 furono quelli che risultarono inagibili. Il duomo e il palazzo vescovile riportarono gravi danni.

Il terremoto verso nord fu avvertito fortemente, ma senza danni, in Basilicata e in modo più leggero a Taranto e fino a Napoli. L'area di risentimento tuttavia risulta scarsamente definita. Di sicuro la scossa fu avvertita più o meno fortemente in molte parti della Sicilia.

L'evento principale del 27 marzo e i due violenti terremoti del 28 furono preceduti da una forte scossa avvenuta circa due mesi prima, il 18 gennaio, che causò alcuni danni. Le repliche furono particolarmente frequenti per tutto il mese di aprile e, secondo le testimonianze e le fonti del periodo, causarono molto spavento tra la popolazione ma non ulteriori danni.

La violenza delle scosse del 27 e 28 marzo produsse notevoli effetti anche sull'ambiente naturale, con imponenti dissesti geomorfologici e idrologici che, in qualche caso, modificarono il paesaggio in modo permanente: grandi fenditure e voragini si aprirono nel suolo in tutta l'area epicentrale tra Cosenza e la valle del fiume Savuto; smottamenti di terreno interessarono le zone di Martirano e di Cosenza, dove franò la sommità del colle Pancrazio; variazioni nella portata delle sorgenti furono segnalate ad Amantea e a Sambiase. Nella piana di Sant'Eufemia, i dissesti idrologici e i fenomeni di subsidenza del suolo causati dalle scosse andarono ad aggravare l'impaludamento dell'area, portando alla formazione di estese zone di acqua stagnante che favorirono il diffondersi della malaria in tutta la zona: l'area paludosa, di circa 180 kmq, compresa fra i fiumi Amato e Angitola fu bonificata soltanto tre secoli più tardi, nel 1928.

La scossa del 27 marzo, inoltre, causò anche effetti di tsunami lungo il litorale di Pizzo, sulla costa meridionale del Golfo di Sant'Eufemia: il mare in un primo momento si ritirò per uno spazio che, secondo le fonti coeve, fu di circa 2000 passi (circa 3,7 km), e in seguito inondò violentemente la spiaggia (Guidoboni et al., 2007).

La Calabria, come tutta l'Italia meridionale, faceva parte del Regno di Napoli, che all'epoca era sotto il dominio della corona spagnola, retta dal re Filippo IV (1621-1665), che vi aveva istituito un Vicereame. Il re di Spagna, infatti, era rappresentato a Napoli da un viceré, all'epoca Ramiro Felipe Nuñez de Guzmán, duca di Medina de las Torres (1637-43). Il territorio calabrese era diviso nelle due province di Calabria Citra, corrispondente all'attuale provincia di Cosenza, e di Calabria Ultra, le odierne province di Crotone, Catanzaro, Vibo Valentia e Reggio Calabria.

Quando le gravissime notizie del disastro sismico raggiunsero Napoli, il viceré Nuñez de Guzmán decise di nominare il consigliere Ettore Capecelatro suo plenipotenziario per le province calabresi. In altre parole, il viceré conferì pieni poteri straordinari a Capecelatro, che si trasferì in Calabria per organizzare i primi soccorsi alle popolazioni, compiere una rilevazione particolareggiata dei danni e redigere una relazione completa sul disastro. Secondo la sua relazione ufficiale, complessivamente furono distrutte oltre 10.000 case e altre 3000 circa divennero inabitabili.

La forza devastante del terremoto fu aggravata dalle caratteristiche comuni a molti abitati calabresi: gran parte dei paesi era arroccata sui rilievi e gli edifici erano addossati gli uni agli altri, spesso su pendii scoscesi. Le case erano in prevalenza costruite in pietra e ciotoli di fiume, legati da malte di scarsa qualità. In molti centri gli edifici erano costruiti anche con mattoni di argilla cruda seccata al sole. Le case, come osservava lo stesso Capecelatro, erano economiche ma "fragilissime", caratteristiche che potenziarono gli effetti distruttivi delle scosse. Il terremoto fece migliaia di vittime. Secondo le prime notizie giunte a Napoli i morti erano circa 30.000, cifra ripresa dal viceré nella sua relazione alla Corte spagnola. Le stime ufficiali del consigliere Capecelatro, tuttavia, risultarono molto inferiori (9.571 morti, dei quali 6.811 in Calabria Citra e 2.760 in Calabria Ultra), ma furono probabilmente sottostimate perché non tenevano conto della mortalità nei centri situati nelle zone marginali rispetto all'area più danneggiata, e soprattutto dei numerosi decessi che avvennero nei mesi successivi a seguito delle ferite e degli stenti.

Il terremoto si verificò in un periodo già molto difficile per la Calabria, travagliata – come del resto tutto il Regno di Napoli e gran parte dei paesi europei – da decenni di grave crisi economica, incursioni dei Turchi e altri fattori negativi (per un inquadramento più dettagliato del periodo storico, e, più in generale, per un'analisi storica più approfondita di questo terremoto, si rimanda allo studio di Guidoboni et al. (2007), disponibile on-line alla pagina: http://storing.ingv.it/cfti4med/quakes/00953.html).

L'impatto devastante del terremoto, con migliaia di vittime e vaste distruzioni, spinse le popolazioni superstiti alla fuga in massa dagli abitati distrutti, causando la paralisi delle attività economiche e

della vita sociale in tutta la zona. Nonostante le enormi distruzioni, tuttavia, gli abbandoni definitivi e i cambiamenti di sito documentati dalle fonti a seguito del terremoto del 1638 non furono molti. Fra questi ci sono: Sant'Eufemia (CZ), dove gli abitanti superstiti abbandonarono il vecchio abitato distrutto e ricostruirono il paese su un'altura collinare a circa 6,5 km di distanza, col nome di Sant'Eufemia del Golfo (oggi Sant'Eufemia Vetere); Feroleto (CZ), dove una parte della popolazione migrò nella pianura sottostante, dando origine al nucleo iniziale dell'abitato di Feroleto Piano (l'attuale Pianopoli); Grimaldi (CS), nella valle del Savuto, ricostruito a 800 metri circa dalle rovine dell'antico paese.

Il consigliere Ettore Capecelatro terminò la sua missione alla fine di maggio 1638 e stava già rientrando a Napoli quando si verificò la seconda grande scossa dell'8 giugno. Questa colpì il versante ionico della Sila devastando centri dell'odierna provincia di Crotone che erano stati solo marginalmente danneggiati dai terremoti di marzo, e causò nuovi danni in paesi del cosentino e del catanzarese già duramente colpiti dalle scosse di due mesi e mezzo prima.

6.1 ZONA SISMICA

Secondo la nuova classificazione sismica del territorio italiano, O.P.C.M. 3274 la sismicità è definita mediante 4 zone, numerate da 1 a 4. Tale ordinanza suddivide porzioni di territorio in quattro zone secondo i valori di accelerazioni di picco orizzontale del suolo (ag) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Figura 11 - Stralcio Carta zone sismiche d'Italia

L'area di studio ricade in zona 1 (Figura 11), con un'accelerazione orizzontale massima convenzionale (ag), su suolo di categoria A, di 0,35g.

Le più recenti Norme Tecniche per le Costruzioni (17/01/2018) e l'OPCM del 28 aprile 2006 n. 3519 superano il concetto della classificazione del territorio in zone, imponendo nuovi e precisi criteri di verifica dell'azione sismica nella progettazione delle nuove opere ed in quelle esistenti, valutata mediante una analisi della risposta sismica locale. In assenza di queste analisi, la stima preliminare dell'azione sismica può essere effettuata sulla scorta delle "categorie di sottosuolo" e della definizione di una "pericolosità di base" fondata su un reticolo di punti di riferimento, costruito per l'intero territorio nazionale. Ai punti del reticolo sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di ag e dei principali "parametri spettrali" riferiti all'accelerazione orizzontale, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica (fattore di amplificazione massima F0 e periodo di inizio del tratto a velocità costante T*C). Il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica vengono forniti dall'INGV e pubblicati sul sito http://esse1.mi.ingv.it/.

Secondo le NTC l'area in questione è caratterizzata da un'accelerazione compresa tra 0.250 - 0.275 g, (Figura 12), in cui è riportata la mappa di pericolosità sismica per il sito in questione, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi (categoria A, Vs>800m/sec).

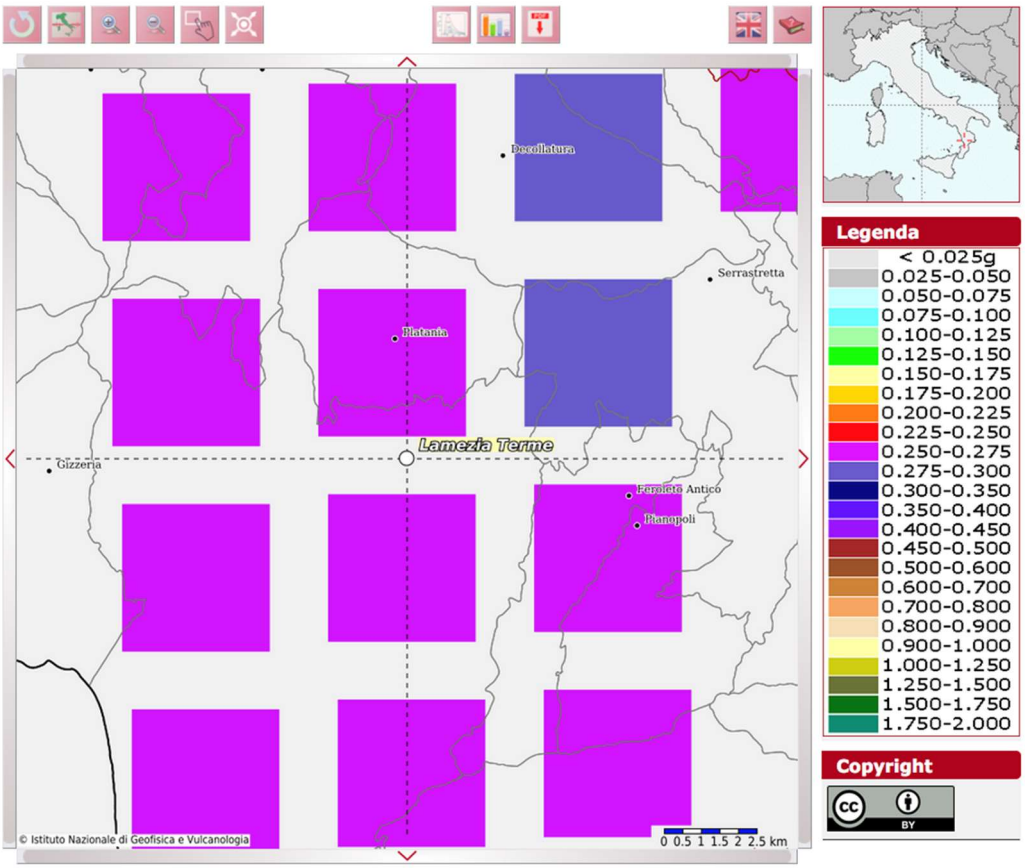


Figura 12 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (ordinanza 3519-06)

7 MODELLO GEOLOGICO

Nella precipua ottemperanza alle normative vigenti, con riferimento alle prescrizioni del D.M. 17.01.2018 "Norme tecniche per le costruzioni", si è proceduto alla ricostruzione del profilo stratigrafico delle aree di progetto, pur avendo già presentato, in step di premessa, la consapevolezza che in codesti contesti geolitologici di riferimento, la natura dei terreni e la sequenza litostratigrafica è piuttosto regolare, con contatti di tipo stratigrafico ad eccezione di quello tettonico tra l'unità dolomitica ed il complesso metamorfico filladico.
Il presente report di consulenza geologica ed i relativi elaborati, completivi delle risultanze dell'indagine geognostica, costituisce base/ingresso per la specifica attività di modellazione geotecnica.

7.1 INDAGINI DIRETTE

7.1.1 SONDAGGIO MECCANICO

Per valutare più compiutamente i terreni interessati dalle opere di progetto e caratterizzarli da un punto di vista geotecnico, è stato eseguito un sondaggio meccanico a carotaggio continuo, spinto a 30 metri di profondità dal p.c., successivamente attrezzato per l'esecuzione di una prova sismica in foro del tipo "down-hole", di cui di argomenterà nella relativa sezione.
Durante le operazioni di carotaggio, sono stati prelevati n° 4 campioni indisturbati:

- S1-C1 da 3.00 a 3.40 metri dal p.c.;
- S1-C2 da 8.50 a 9.00 metri dal p.c.;
- S1-C3 da 15.50 a 16.00 metri dal p.c.;
- S1-C4 da 24.00 a 24.40 metri dal p.c.

L'ubicazione del sondaggio è mostrata in Figura 13, mentre, nell'Allegato redatto dalla CIGIT Soc. Coop. sono riportate lea Scheda di Sondaggio, nonché è mostrata una documentazione fotografica relativa alle cassette catalogatrici. Nello stesso allegato si riportano, inoltre, i certificati di analisi di laboratorio eseguite sui 4 campioni prelevati.

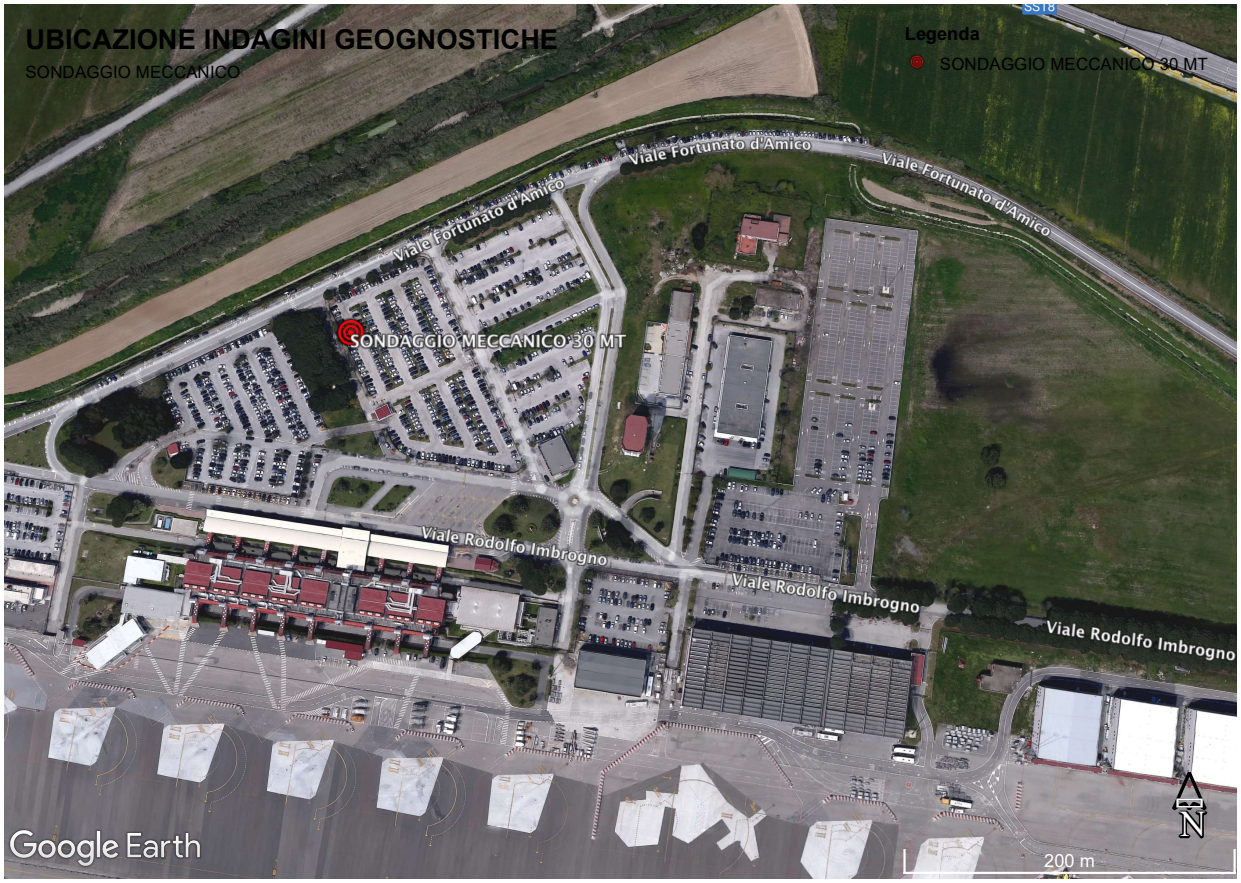


Figura 13 - Ubicazione sondaggio meccanico

Dal sondaggio meccanico di cui sopra è emersa la seguente stratigrafia:

- Da 0,00 a 0,50 mt: Terreno di riporto (manto stradale bituminoso con frammenti decimetrici);
- Da 0,50 a 1,00 mt: Sabbie grossolane con ciottoli decimetrici in matrice sabbiosa di colore biancastro;
- Da 1,00 a 1,80 mt: Sabbie limose sciolte con inclusioni clastiche centimetriche;
- Da 1,80 a 2,00 mt: Sabbie limose e limi sabbiosi maggiormente compatti;
- Da 2,00 a 2,20 mt: Breccia in matrice sabbioso-limosa;
- Da 2,20 a 3,00 mt: Limi sabbioso argillosi di colore giallo ocra;
- Da 3,00 a 3,40 mt: Campione indisturbato;
- Da 3,40 a 5,50 mt: Limi sabbioso argillosi di colore giallo ocra;
- Da 5,50 a 8,50 mt: Sabbie limoso argillose di colore grigio-verde;
- Da 8,50 a 9,00 mt: Campione semi disturbato;
- Da 9,00 a 12,00 mt: Sabbie limoso argillose di colore grigio-verde;
- Da 12,00 a 13,50 mt: Depositi argilloso sabbiosi debolmente limosi di colore grigio-azzurro, con presenza di depositi torbiditici (scagliettati);
- Da 13,50 a 15,50 mt: Limo sabbioso argilloso di colore grigiastro;
- Da 15,50 a 16,00 mt: Campione indisturbato;

- Da 16,00 a 18,00 mt: Limo sabbioso argilloso di colore grigiastro;
- Da 18,00 a 18,70 mt: Limo sabbioso con clasti centimetrici (depositi di conoide) di colore verdastro passanti a sabbie limose di colore verdastro;
- Da 18,70 a 19,00 mt: Limi sabbiosi di colore verdastro;
- Da 19,00 a 20,00 mt: Sabbie limose mediamente compatte di colore da marroncino chiaro a grigiastro;
- Da 20,00 a 24,00 mt: Sabbie limose debolmente argillose da maggiormente compatte a poco addensate;
- Da 24,00 a 24,40 mt: Campione indisturbato;
- Da 24,40 a 25,00 mt: Sabbie limose debolmente argillose mediamente addensate;
- Da 25,00 a 29,00 mt: Sabbie sciolte alternate a sabbie limose maggiormente addensate;
- Da 29,00 a 29,20 mt: Ciottoli in matrice sabbiosa;
- Da 29,20 a 30,00 mt: Sabbie sciolte alternate a sabbie limose maggiormente addensate.

7.1.2 STANDARD PENETRATION TEST (SPT)

La prova SPT consiste nel registrare il numero di colpi necessari per far penetrare di 45 cm nel terreno a fondo foro un tubo campionatore di dimensioni standard, collegato alla superficie mediante batteria di aste, in testa alle quali agisce un maglio del peso di 63.5 kg che cade liberamente da un'altezza di 0.76 m.

Durante la prova si misura:

- N1 = numero di colpi di maglio necessari a provocare l'avanzamento del campionatore per i primi 15 cm, assunti come tratto di "avviamento";
- N2 = numero di colpi che provoca la penetrazione del campionatore nei successivi 15 cm;
- N3 = numero di colpi necessari per gli ultimi 15 cm di avanzamento.

Si assume come resistenza alla penetrazione il valore NSPT = N2 + N3.

Per maggiori dettagli sui risultati delle 4 prove eseguite si rimanda alla Scheda di Sondaggio allegata alla relazione redatta dalla CIGIT Soc. Coop. Nel dettaglio le 4 prove sono state eseguite a 3,40 mt di profondità dal p.c., 8,50 mt di profondità dal p.c., a 16,00 mt di profondità dal p.c e a 22,50 mt di profondità dal p.c.

7.1.3 PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CPT

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante.

La prova è stata spinta fino ad una profondità di 15,00 m dal p.c. Dall'indagine è stato possibile determinare i valori di resistenza alla punta e il rapporto q_c/f_s (resistenza laterale), permettendo una caratterizzazione geotecnica dei terreni investigati.

Per i risultati della prova CPT si rimanda alla relazione della CIGIT Soc. Coop. in cui sarà possibile avere lettura dei valori acquisiti lungo tutta la verticale indagata.

7.2 INDAGINI INDIRETTE

Le indagini indirette hanno previsto l'esecuzione di una campagna d'indagine geofisica attraverso:

- n. 1 sismica superficiale attiva con analisi Multichannel Analysis of Surface Waves (MW01);
- n. 1 sismica superficiale passiva (microtremori) con analisi Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HV01);
- n. 1 indagine sismica attiva in foro di tipo Down-Hole (DH01).

L'ubicazione delle ridette indagini è mostrata in Figura 14.

L'indagine è stata condotta mediante l'utilizzo di un sismografo DoReMi ed un tromografo GeoBox della SARA Electronics Instruments.

Figura 14 - Ubicazione indagini indirette

7.2.1 MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES

Il metodo MASW, Multichannel Analysis of Surface Waves, (Park et al., 1999) è una tecnica di indagine che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla

superficie del suolo. La determinazione delle Vs viene ottenuta tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh.

In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali e correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. A partire dall'intero campo d'onda, acquisito in campagna utilizzando un numero variabile di geofoni (di solito 12-24) allineati a spaziatura regolare (similmente a un classico esperimento di sismica a rifrazione), l'obbiettivo del metodo è di derivare una curva di dispersione sperimentale velocità di fase – frequenza (cf -f), la cui forma è associata alle proprietà meccaniche del terreno da indagare. Dato che le onde superficiali mostrano le ampiezze e le durate maggiori nel dominio spazio-tempo, anche nel dominio frequenza-velocità di fase, i massimi dello spettro saranno relativi alle differenti frequenze con cui si propagano le onde superficiali stesse. Dall'estrazione delle coppie frequenza velocità di fase corrispondenti ai massimi d'intensità dello spettro si deriva la curva di dispersione sperimentale. In realtà, l'interpretazione degli spettri risulta spesso complicata dall'intrecciarsi dei modi superiori rispetto a quello fondamentale e/o alla generazione e propagazione di onde guidate. Per la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio è poi necessario procedere alla fase d'inversione della curva di dispersione per ottenere un modello delle proprietà fisiche del sottosuolo. Un miglioramento nell'individuazione di un modello più accurato può essere ottenuto, come è stato fatto nel presente lavoro, utilizzando, nel processo di inversione, curve relative a più modi di vibrazione.

L'elaborazione dei dati è stata effettuata con il programma WinMASW della Eliosoft che ha permesso di eseguire l'intero processo di elaborazione della seziona sismostratigrafica 1D, della stima dei parametri elasto-dinamici, della VSeq e della categoria di suolo.

RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI MW 01							
Valore VSeq: 223 m/s							
Numero strato	1	2	3	4	5	6	7
Velocità onde S: Vs (m/s)	352+-6	151+-5	190+-10	212+-11	274+-17	574+-73	623+-64
Spessore medio sismo strato: h (m)	3.1	4.0	5.8	5.5	16.5	24.7	Ind.

Per ciò che concerne gli approfindimenti sulla strumentazione utilizzata nell'esecuzione dell'indagine, sulle varie fasi di analisi dei dati acquisiti dalla metodologia in questione e sui risultati ottenuti si rimanda alla relazione allegata al rapporto tecnico della CIGIT Soc. Coop.

7.2.2 HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

La tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazione esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque.
I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

- la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento delle strutture in termini di risposta sismica locale in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nella progettazione per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;
- la frequenza fondamentale di risonanza di una struttura, qualora la misura venga effettuata all'interno della stessa. In seguito sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la velocità media delle onde di taglio Vs calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario, per l'affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, ecc.) e riconoscibile nella curva H/V. È possibile calcolare la Vs,30 e la relativa categoria del suolo di fondazione come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 de 22/03/2018;
- la stratigrafia del sottosuolo con un range di indagine compreso tra 0.5 e 700 m di profondità, anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri. Il principio su cui si basa la presente tecnica, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremori. La forma di un'onda registrata in un sito x da uno strumento dipende:

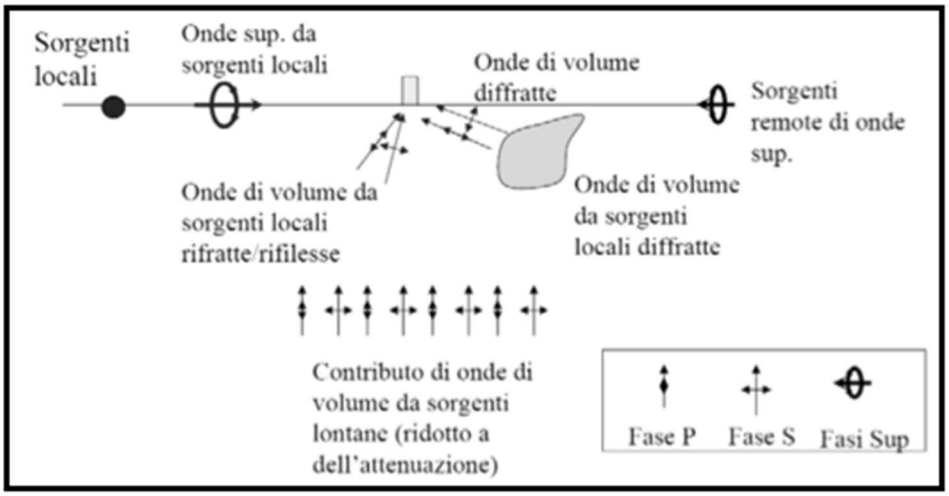
1. dalla forma dell'onda prodotta dalla sorgente s;
2. dal percorso dell'onda dalla sorgente s al sito x (attenuazioni, riflessioni, rifrazioni, incanalamenti per guide d'onda);
3. dalla risposta dello strumento.

Possiamo scrivere questo come:

segnale registrazione al sito

x = sorgente * effetti di percorso * funzione trasferimento strumento

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche "microtremore" poiché riguarda oscillazioni molto piccole, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.



Nel tragitto dalla sorgente "s" al sito "x" le onde elastiche (sia di terremoto che microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti per fenomeni di guida d'onda, attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato e dalle strutture edificate. Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte debolmente correlata nel segnale che può essere estratta e che contiene le informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore.

Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartate dalla sismologia classica, contiene informazioni. Queste informazioni sono "sepolte" all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune. Una di queste tecniche è la teoria dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di vibrazione dei suoli e delle strutture; informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

In questa tecnica, viene valutato il rapporto di ampiezza fra le componenti orizzontali e verticali del moto.

La strumentazione utilizzata nell'esecuzione dell'indagine e le varie fasi di analisi dei dati acquisiti in situ, nonché tutte le risultanze ottenute sono descritte nella relazione allegata al rapporto tecnico della CIGIT Soc. Coop.

L'elaborazione dei dati è stata effettuata con il programma EasyHVSR della GeoStru che ha permesso di eseguire l'intero processo di elaborazione dei segnali.

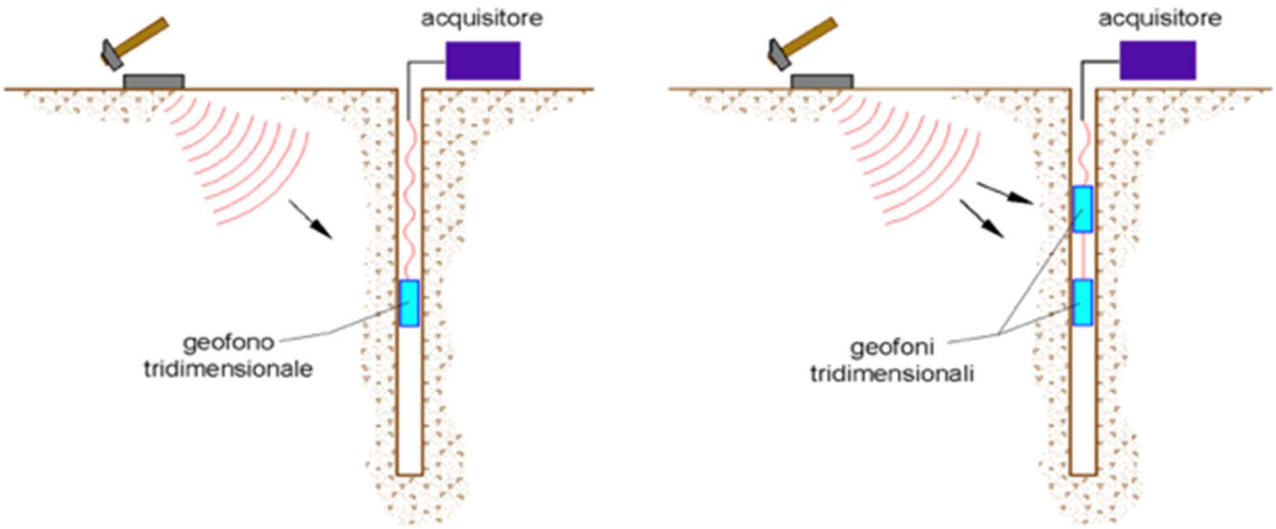
RIEPILOGO PARAMETRI HV 01					
Frequenza del picco del rapporto H/V: 2.10 Hz ±0.23 Hz Valore VSeq: 228.44 m/s					
Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m^3]	Coeff. di Poisson	Velocità Onde di taglio [m/s]
1	0	2.5	17.5	0.4	362
2	2.5	4	17.8	0.44	151
3	6.5	5.5	18	0.42	190
4	12	6	18.2	0.41	212
5	18	16.5	18.8	0.4	295
6	34.5	42	20.5	0.36	560
7	76.5	40	21	0.34	610
8	116.5	20	22	0.3	850

7.2.3 DOWN HOLE

Le prove sismiche in foro sono tra le più utili per la caratterizzazione geomeccanica delle terre e delle rocce, vengono effettuate in fori appositamente predisposti e forniscono le velocità sismiche (onde longitudinali P e trasversali Sh) dei terreni. Attraverso queste è possibile calcolare i moduli elasto-dinamici dei terreni con elevato dettaglio. La possibilità di disporre delle stratigrafie dei fori permette una associazione certa delle velocità rilevate ai litotipi investigati.

Il metodo down-hole, eseguito in conformità con lo standard ASTM D 7400, consiste nella misurazione del tempo di percorso delle onde P e Sh nel tragitto tra la sorgente sismica, in superficie, e i ricevitori, posti all'interno dei fori di sondaggio. L'equipaggiamento strumentale è costituito da:

- una sorgente meccanica per generare onde elastiche con buona energia e direzionalità (shot);
- uno o più geofoni tridimensionali, per le onde P e Sh;
- un sistema di ancoraggio tra pareti del foro e geofono tridimensionale;
- un sismografo di acquisizione ed uno starter.



L'analisi dei sismogrammi ha permesso di determinare i tempi di arrivo sia delle onde P che Sh e di calcolarne le differenze di tempo tra misure successive con il "metodo dell'intervallo".

Ciò ha permesso di ricavare le velocità intervallari, dalle quali è stato possibile ottenere una dettagliata ricostruzione dell'andamento della velocità e dei relativi moduli dinamici con la profondità.

Per l'interpretazione dei dati inizialmente sono stati corretti i tempi di tragitto (t), misurati lungo i percorsi sorgente-ricevitore, per tenere conto dell'inclinazione del percorso delle onde e, dunque, ottenere i tempi nella direzione verticale del foro. Se d è la distanza della sorgente dall'asse del foro, r la distanza fra la sorgente-ricevitore, z la profondità di misura è possibile ottenere i tempi corretti (t_{corr}) mediante la seguente formula di conversione:

$$1)\quad t_{corr} = \frac{z}{r}\,t$$

Con il metodo intervallo i tempi di tragitto dell'onda sismica si misurano fra due ricevitori posti a differente profondità, consentendo così di migliorare la qualità delle misure (velocità d'intervallo).

Successivamente, calcolati i tempi corretti con la 1), è stato possibile ricavare le velocità intervallari delle onde P e Sh, nella direzione verticale, con la formula seguente:

$$V_{p,s} = \frac{z_2 - z_1}{t_{2corr} - t_{1corr}}$$

La strumentazione utilizzata nell'esecuzione dell'indagine, le varie fasi di analisi dei dati acquisiti in situ, nonché tutte le risultanze ottenute sono descritte nella relazione allegata al rapporto tecnico della CIGIT Soc. Coop.

I segnali sismici acquisiti sono stati elaborati analiticamente con calcolo automatico utilizzando un Computer portatile Compaq Presario ed il software DownHole della GeoStru o InterSism 2.0 della Geo&soft che permettono di determinare la stratigrafia del sottosuolo.

Interpretazione con il Metodo Diretto
Profondità di riferimento: 30 m
VS30: 228.63 m/s

Descrizione (-)	Prof. (m)	Vp medio (m/s)	Vs medio (m/s)	γ medio (kN/mc)	ν medio	G medio (MPa)	Ed medio (MPa)	E medio (MPa)	Ev medio (MPa)
STRATO 01	3	632.91	279.59	20.19	0.38	160.97	824.89	443.89	610.26
STRATO 02	7	764.82	151.34	17.51	0.48	40.91	1044.73	121.06	990.19
STRATO 03	13	798.93	188.8	18	0.47	65.44	1171.82	192.44	1084.56
STRATO 04	19	1481.48	215.36	18.53	0.49	87.62	4146.48	260.98	4029.65
STRATO 05	30	1038.57	319.63	19.55	0.45	203.65	2150.14	589.65	1878.61

Interpretazione con il Metodo Intervallo
Profondità di riferimento: 30 m
VS30: 258.14 m/s

Descrizione (-)	Prof. (m)	Vp medio (m/s)	Vs medio (m/s)	γ medio (kN/mc)	ν medio	G medio (MPa)	Ed medio (MPa)	E medio (MPa)	Ev medio (MPa)
STRATO 01	3	682.20	327.45	21.19	0.40	296.37	1078.05	648.46	682.89
STRATO 02	7	808.91	157.40	17.40	0.48	46.17	1224.35	136.62	1162.79
STRATO 03	13	925.33	206.03	17.76	0.46	84.56	1774.40	246.92	1661.65
STRATO 04	19	1638.36	285.25	18.24	0.44	215.21	5404.11	560.08	5117.16
STRATO 05	30	997.81	349.38	19.09	0.37	276.93	2117.70	679.39	1758.10

7.2.4 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

In conformità al D.M. 17/01/2018 "Norme tecniche per le costruzioni" la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, VS,eq (in m/s), definita dall'espressione:

dove:

hi spessore dell'i-esimo strato;

VS,i velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

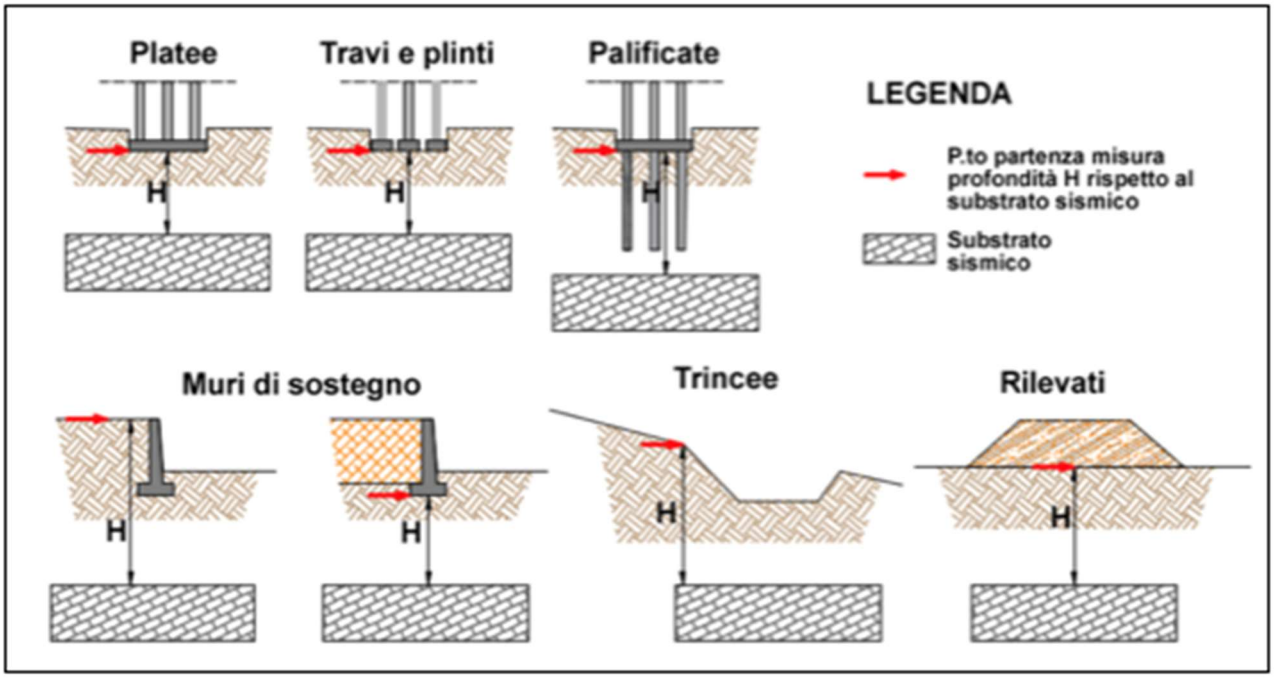
N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio VS,eq è definita dal parametro VS,30 ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali.

Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.



Poiché le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni sono chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II (riportata di seguito), si può fare riferimento a un approccio semplificato (la piccola inversione di velocità riscontrata, infatti, è da ritenersi non significativa nei confronti della categoria di sottosuolo dell'area) che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS.

Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato. NTC 2018 Cap 3.2.2.	
Categoria	**Caratteristiche della superficie topografica**
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s
C	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D*, con profondità del substrato non superiore a 30m

8 MODELLO GEOTECNICO

Il modello geotecnico definisce i caratteri meccanici dei materiali direttamente interessati dall'interazione tra il sito di progetto e le opere oggetto della progettazione. L'unità fondamentale di un modello geotecnico è l'**unità litotecnica** ovvero, un corpo separabile da quelli adiacenti per comportamento meccanico omogeneo. Pertanto, il modello geotecnico che si propone semplifica il modello geologico descritto passando a 5 unità litotecniche di seguito individuate:

MODELLO GEOTECNICO					
Unità litotecnica	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m^3]	Velocità Onde longitudinali [m/s]	Velocità Onde di taglio [m/s]
1	0	3	17.5	632.91÷682.2	279.59÷362
2	3	4	17.8÷18.7	764.82÷808.91	151.34÷157.4
3	7	6	18÷19.4	798.81÷925.33	188.8÷206.03
4	13.0	6	18.2÷19.4	1481.48÷1638.36	212÷285.25
5	19.0	-	18.8÷19.8	997.81÷1038.57	274÷349.38

MODELLO GEOTECNICO					
Unità litotecnica	Profondità [m]	Spessore [m]	Coeff. di Poisson	G[1] medio (MPa)	E^2_d medio (MPa)
1	0	3	0.38÷0.4	160.97÷296.37	824.89÷1078.05
2	3	4	0.44÷0.48	40.91÷46.17	1044.73÷1224.35
3	7	6	0.42÷0.47	65.44÷84.56	1171.82÷1774.40
4	13.0	6	0.41÷0.49	87.62÷215.21	4146.48÷5404.11
5	19.0	-	0.4÷0.45	203.65÷276.93	2150.14÷2117.70

MODELLO GEOTECNICO						
Unità litotecnica	Profondità [m]	Spessore [m]	E[3] medio (MPa)	E_v medio (MPa)	c' (kPa)	φ' (°)
1	0	3	443.89÷648.46	610.26÷682.89	-	-
2	3	4	121.06÷136.62	990.19÷1162.79	10.6	24.2
3	7	6	192.44÷246.92	1084.56÷1661.65	3.6	27.6
4	13.0	6	260.98÷560.08	4029.65÷5117.16	10.2	25.3
5	19.0	-	589.65÷679.39	1758.10÷1878.61	0.9	30.6

[1] Modulo di taglio
[2] Modulo edometrico
[3] Modulo di Young

9 VERIFICA A LIQUEFAZIONE

Le NTC 2018, al § 7.11.3.4.2 - "Esclusione della verifica a liquefazione", individuano le condizioni per le quali è possibile omettere la verifica a liquefazione. In particolare, la verifica a liquefazione può non effettuarsi quando si verifiche una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano di campagna, per piano di campagna suborizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N1)60>30 oppure qc1N>180 dove (N1)60 è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc1N è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella seguente figura nel caso (a) di terreni con coefficiente di uniformità Uc<3,5) e nel caso (b) di terreni con coefficiente di uniformità Uc>3,5).

Dal momento che nessuna delle precedenti condizioni previste dalla norma risulta verificarsi è necessaria la verifica a liquefazione al fine valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

9.1 VERIFICA A LIQUEFAZIONE

9.1.1 ANDRUS STOKOE

DATI GENERALI

Data 05/12/2023

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 2.8 m

DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.26

Fattore amplificazione 0.26

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i<=15°

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS)	1.5	
Coefficiente amplificazione topografica (ST)	1	
Magnitudo momento sismico (Mw)	6.03	
Distanza epicentro	8.75	Km
Peak ground acceleration (PGA)	0.39	

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1		0	0.5	0	0	0	0	0	91.2	327.45
2		0.5	1	0	0	0	0	4478	94.63	327.45
3		1	2	0	0	0	0	4085	173.5	327.45
4		2	2.2	0	0	0	0	1863	183	327.45
5		2.2	2.6	18.7	19.6	0	0.01402	5001	98.06	327.45
6		2.6	7.5	18.7	19.6	6	0.01402	1062	31.38	157.4
7		7.5	9	19.4	19.7	21	0.15915	5271	74.28	206.3
8		9	10.5	0	0	0	0	2925	129.44	206.3
9		10.5	15	0	0	0	0	18844	348.12	285.25
10		15	30	19.4	19.7	17	0.01685	0	0	349.38

Andrus Stokoe (1997)

Nr.	Frazione fine (%)	Validità
	0	Valido
	0	Valido
	0	Valido

	0	Valido
	0	Valido
	0	Valido
	0	Valido
	0	Valido
	0	Valido

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.75

Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Velocità normalizzata Vs1 (m/s)	Valore critico di Vs1 (Vs1c) (m/s)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
1	3.00	15.140	13.179	261.238	220.000	0.977	0.179	0.163	1.10	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
2	3.20	19.060	15.137	252.344	220.000	0.976	0.159	0.178	0.89	Terreno suscettibile di liquefazione	3.14	Basso
3	3.40	22.980	17.096	244.783	220.000	0.974	0.139	0.190	0.73	Terreno suscettibile di liquefazione	8.28	Alto
4	3.60	26.900	19.055	238.234	220.000	0.972	0.117	0.199	0.59	Terreno suscettibile di liquefazione	13.54	Alto
5	3.80	30.820	21.013	232.47	220.00	0.971	0.086	0.207	0.42	Terren	20.08	Molto

				8	0					o suscettibile di liquefazione		alto
6	4.00	34.740	22.972	227.355	220.000	0.969	0.029	0.213	0.13	Terreno suscettibile di liquefazione	31.15	Molto alto
7	4.20	38.660	24.931	222.752	220.000	0.968	-0.182	0.218	-0.84	Terreno suscettibile di liquefazione	69.07	Molto alto
8	4.40	42.580	26.889	218.580	220.000	0.966	0.773	0.222	3.48	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
9	4.60	46.500	28.848	214.771	220.000	0.965	0.306	0.226	1.36	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
10	4.80	50.420	30.807	211.273	220.000	0.963	0.233	0.229	1.02	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
11	5.00	54.340	32.765	208.042	220.000	0.962	0.201	0.231	0.87	Terreno suscettibile di liquefazione	5.73	Alto
12	5.20	58.260	34.724	205.044	220.000	0.960	0.182	0.234	0.78	Terreno suscettibile di liquefazione	9.96	Alto

13	5.40	62.180	36.683	202.250	220.000	0.959	0.169	0.236	0.72	Terreno suscettibile di liquefazione	13.15	Alto
14	5.60	66.100	38.641	199.637	220.000	0.957	0.160	0.237	0.67	Terreno suscettibile di liquefazione	15.77	Molto alto
15	5.80	70.020	40.600	197.185	220.000	0.956	0.152	0.239	0.64	Terreno suscettibile di liquefazione	18.05	Molto alto
16	6.00	73.940	42.559	194.876	220.000	0.954	0.146	0.240	0.61	Terreno suscettibile di liquefazione	20.10	Molto alto
17	6.20	77.860	44.517	192.696	220.000	0.953	0.140	0.242	0.58	Terreno suscettibile di liquefazione	21.98	Molto alto
18	6.40	81.780	46.476	190.633	220.000	0.951	0.136	0.243	0.56	Terreno suscettibile di liquefazione	23.73	Molto alto
19	6.60	85.700	48.435	188.676	220.000	0.950	0.131	0.244	0.54	Terreno suscettibile di liquefazione	25.38	Molto alto
20	6.80	89.620	50.393	186.815	220.000	0.948	0.128	0.244	0.52	Terreno suscettibile di	26.95	Molto alto

										liquefazione		
21	7.00	93.540	52.352	185.042	220.000	0.946	0.124	0.245	0.51	Terreno suscettibile di liquefazione	28.46	Molto alto
22	7.20	97.460	54.311	183.351	220.000	0.945	0.121	0.246	0.49	Terreno suscettibile di liquefazione	29.91	Molto alto
23	7.40	101.380	56.269	181.734	220.000	0.943	0.119	0.246	0.48	Terreno suscettibile di liquefazione	31.31	Molto alto
24	7.60	105.310	58.238	236.155	220.000	0.942	0.108	0.247	0.44	Terreno suscettibile di liquefazione	34.77	Molto alto
25	7.80	109.250	60.217	234.191	220.000	0.940	0.097	0.247	0.39	Terreno suscettibile di liquefazione	38.17	Molto alto
26	8.00	113.190	62.195	232.306	220.000	0.939	0.085	0.248	0.34	Terreno suscettibile di liquefazione	42.13	Molto alto
27	8.20	117.130	64.174	230.494	220.000	0.937	0.070	0.248	0.28	Terreno suscettibile di liquefazione	46.92	Molto alto
28	8.40	121.070	66.153	228.751	220.000	0.936	0.050	0.248	0.20	Terreno	52.99	Molto alto

										suscettibile di liquefazione		
29	8.60	125.010	68.131	227.071	220.000	0.934	0.023	0.249	0.09	Terreno suscettibile di liquefazione	61.18	Molto alto
30	8.80	128.950	70.110	225.452	220.000	0.933	-0.017	0.249	-0.07	Terreno suscettibile di liquefazione	73.24	Molto alto
31	9.00	132.890	72.089	223.889	220.000	0.931	-0.085	0.249	-0.34	Terreno suscettibile di liquefazione	93.61	Molto alto
32	9.20	132.890	70.127	225.438	220.000	0.928	-0.017	0.255	-0.07	Terreno suscettibile di liquefazione	75.59	Molto alto
33	9.40	132.890	68.166	227.043	220.000	0.923	0.023	0.261	0.09	Terreno suscettibile di liquefazione	65.64	Molto alto
34	9.60	132.890	66.205	228.706	220.000	0.918	0.049	0.267	0.19	Terreno suscettibile di liquefazione	59.45	Molto alto
35	9.80	132.890	64.243	230.432	220.000	0.912	0.069	0.274	0.25	Terreno suscettibile di liquefazione	55.36	Molto alto

36	10.00	132.890	62.282	232.225	220.000	0.907	0.084	0.281	0.30	Terreno suscettibile di liquefazione	52.53	Molto alto
37	10.20	132.890	60.321	234.090	220.000	0.902	0.096	0.288	0.33	Terreno suscettibile di liquefazione	50.55	Molto alto
38	10.40	132.890	58.359	236.032	220.000	0.896	0.107	0.296	0.36	Terreno suscettibile di liquefazione	49.16	Molto alto
39	10.60	132.890	56.398	329.162	220.000	0.891	0.313	0.304	1.03	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
40	10.80	132.890	54.437	332.088	220.000	0.886	0.319	0.314	1.02	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
41	11.00	132.890	52.475	335.148	220.000	0.880	0.325	0.323	1.01	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
42	11.20	132.890	50.514	338.355	220.000	0.875	0.332	0.334	0.99	Terreno suscettibile di liquefazione	0.50	Basso
43	11.40	132.890	48.553	341.721	220.000	0.870	0.339	0.345	0.98	Terreno suscettibile di	1.50	Basso

										liquefazione		
44	11.60	132.890	46.591	345.262	220.000	0.864	0.346	0.357	0.97	Terreno suscettibile di liquefazione	2.57	Basso
45	11.80	132.890	44.630	348.995	220.000	0.859	0.354	0.371	0.96	Terreno suscettibile di liquefazione	3.72	Basso
46	12.00	132.890	42.669	352.938	220.000	0.854	0.363	0.386	0.94	Terreno suscettibile di liquefazione	4.95	Basso
47	12.20	132.890	40.707	357.114	220.000	0.848	0.372	0.402	0.93	Terreno suscettibile di liquefazione	6.26	Alto
48	12.40	132.890	38.746	361.550	220.000	0.843	0.382	0.419	0.91	Terreno suscettibile di liquefazione	7.66	Alto
49	12.60	132.890	36.785	366.276	220.000	0.838	0.392	0.439	0.89	Terreno suscettibile di liquefazione	9.16	Alto
50	12.80	132.890	34.823	371.328	220.000	0.832	0.404	0.461	0.88	Terreno suscettibile di liquefazione	10.76	Alto
51	13.00	132.890	32.862	376.749	220.000	0.827	0.416	0.485	0.86	Terreno	12.48	Alto

										suscettibile di liquefazione		
52	13.20	132.890	30.901	382.590	220.000	0.822	0.429	0.512	0.84	Terreno suscettibile di liquefazione	14.31	Alto
53	13.40	132.890	28.940	388.913	220.000	0.816	0.444	0.544	0.82	Terreno suscettibile di liquefazione	16.26	Molto alto
54	13.60	132.890	26.978	395.797	220.000	0.811	0.461	0.579	0.80	Terreno suscettibile di liquefazione	18.36	Molto alto
55	13.80	132.890	25.017	403.337	220.000	0.806	0.479	0.621	0.77	Terreno suscettibile di liquefazione	20.61	Molto alto
56	14.00	132.890	23.056	411.654	220.000	0.800	0.500	0.669	0.75	Terreno suscettibile di liquefazione	23.03	Molto alto
57	14.20	132.890	21.094	420.906	220.000	0.795	0.523	0.726	0.72	Terreno suscettibile di liquefazione	25.64	Molto alto
58	14.40	132.890	19.133	431.301	220.000	0.790	0.550	0.795	0.69	Terreno suscettibile di liquefazione	28.46	Molto alto

59	14.60	132.890	17.172	443.122	220.000	0.784	0.581	0.880	0.66	Terreno suscettibile di liquefazione	31.51	Molto alto
60	14.80	132.890	15.210	456.764	220.000	0.779	0.618	0.987	0.63	Terreno suscettibile di liquefazione	34.85	Molto alto
61	15.00	132.890	13.249	472.804	220.000	0.774	0.663	1.125	0.59	Terreno suscettibile di liquefazione	38.51	Molto alto
62	15.20	136.830	15.228	559.295	220.000	0.768	0.932	1.001	0.93	Terreno suscettibile di liquefazione	6.53	Alto
63	15.40	140.770	17.206	542.471	220.000	0.763	0.876	0.905	0.97	Terreno suscettibile di liquefazione	3.05	Basso
64	15.60	144.710	19.185	527.908	220.000	0.757	0.829	0.829	1.00	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
65	15.80	148.650	21.164	515.111	220.000	0.752	0.789	0.766	1.03	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
66	16.00	152.590	23.142	503.729	220.000	0.747	0.754	0.714	1.06	Terreno suscettibile di	0.00	Molto basso

										liquefazione		
67	16.20	156.530	25.121	493.502	220.000	0.741	0.723	0.670	1.08	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
68	16.40	160.470	27.100	484.237	220.000	0.736	0.696	0.632	1.10	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
69	16.60	164.410	29.078	475.780	220.000	0.731	0.671	0.599	1.12	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
70	16.80	168.350	31.057	468.014	220.000	0.725	0.649	0.570	1.14	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
71	17.00	172.290	33.036	460.843	220.000	0.720	0.629	0.545	1.16	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
72	17.20	176.230	35.014	454.189	220.000	0.715	0.611	0.522	1.17	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
73	17.40	180.170	36.993	447.990	220.000	0.709	0.594	0.501	1.19	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
74	17.60	184.110	38.972	442.192	220.000	0.704	0.578	0.482	1.20	Terreno	0.00	Molto basso

										suscettibile di liquefazione		
75	17.80	188.050	40.950	436.751	220.000	0.699	0.564	0.465	1.21	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
76	18.00	191.990	42.929	431.629	220.000	0.693	0.551	0.450	1.22	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
77	18.20	195.930	44.908	426.794	220.000	0.688	0.538	0.435	1.24	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
78	18.40	199.870	46.886	422.218	220.000	0.683	0.526	0.422	1.25	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
79	18.60	203.810	48.865	417.877	220.000	0.677	0.515	0.410	1.26	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
80	18.80	207.750	50.844	413.751	220.000	0.672	0.505	0.398	1.27	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
81	19.00	211.690	52.822	409.821	220.000	0.667	0.495	0.387	1.28	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso

82	19.20	215.630	54.801	406.070	220.000	0.661	0.486	0.377	1.29	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
83	19.40	219.570	56.780	402.485	220.000	0.656	0.477	0.368	1.30	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
84	19.60	223.510	58.758	399.053	220.000	0.651	0.469	0.359	1.31	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
85	19.80	227.450	60.737	395.763	220.000	0.645	0.461	0.350	1.31	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso

IPL (Iwasaki)=22.19 Zcrit=20 m Rischio=Molto alto

9.1.2 ROBERTSON WRIDE (1997)

DATI GENERALI

Data 05/12/2023

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 2.8 m

DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.26

Fattore amplificazione 0.26

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i<=15°

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.5

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.03

Distanza epicentro 8.75 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.39

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1		0	0.5	0	0	0	0	0	91.2	327.45
2		0.5	1	0	0	0	0	4478	94.63	327.45
3		1	2	0	0	0	0	4085	173.5	327.45
4		2	2.2	0	0	0	0	1863	183	327.45
5		2.2	2.6	18.7	19.6	0	0.01402	5001	98.06	327.45
6		2.6	7.5	18.7	19.6	6	0.01402	1062	31.38	157.4
7		7.5	9	19.4	19.7	21	0.15915	5271	74.28	206.3
8		9	10.5	0	0	0	0	2925	129.44	206.3
9		10.5	15	0	0	0	0	18844	348.12	285.25
10		15	30	19.4	19.7	17	0.01685	0	0	349.38

Robertson Wride, 1998

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.75

Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica effica	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio

							ce CQ	)							
1	3.00	15.140	13.179	48.554	2.998	2.462	1.7	46.635	0.977	0.089	0.163	0.546	Terreno suscettibile di liquefazione	12.61	Alto
2	3.20	19.060	15.137	43.761	3.009	2.496	1.7	49.608	0.976	0.091	0.178	0.512	Terreno suscettibile di liquefazione	14.35	Alto
3	3.40	22.980	17.096	39.944	3.020	2.526	1.7	52.435	0.974	0.093	0.190	0.492	Terreno suscettibile di liquefazione	15.81	Molto alto
4	3.60	26.900	19.055	36.823	3.032	2.554	1.7	55.135	0.972	0.096	0.199	0.480	Terreno suscettibile di liquefazione	17.04	Molto alto
5	3.80	30.820	21.013	34.218	3.043	2.578	1.7	57.724	0.971	0.098	0.207	0.474	Terreno suscettibile di liquefazione	18.10	Molto alto
6	4.00	34.740	22.972	32.006	3.055	2.601	1.7	60.215	0.969	0.100	0.213	0.472	Terreno suscettibile di liquef	19.02	Molto alto

													azione		
7	4.20	38.660	24.931	30.101	3.066	2.623	1.7	62.619	0.968	0.103	0.218	0.472	Terreno suscettibile di liquefazione	19.84	Molto alto
8	4.40	42.580	26.889	28.441	3.078	2.642	1.7	64.942	0.966	0.105	0.222	0.475	Terreno suscettibile di liquefazione	20.55	Molto alto
9	4.60	46.500	28.848	26.980	3.090	2.661	1.7	67.195	0.965	0.108	0.226	0.480	Terreno suscettibile di liquefazione	21.18	Molto alto
10	4.80	50.420	30.807	25.683	3.102	2.679	1.7	69.381	0.963	0.111	0.229	0.486	Terreno suscettibile di liquefazione	21.73	Molto alto
11	5.00	54.340	32.765	30.754	3.114	2.620	1.7	62.309	0.962	0.102	0.231	0.443	Terreno suscettibile di liquefazione	24.37	Molto alto
12	5.20	58.260	34.724	28.906	3.126	2.641	1.7	64.822	0.960	0.105	0.234	0.451	Terreno suscettibile di liquef	24.85	Molto alto

													azione		
13	5.40	62.180	36.683	27.256	3.139	2.662	1.7	67.314	0.959	0.108	0.236	0.460	Terreno suscettibile di liquefazione	25.24	Molto alto
14	5.60	66.100	38.641	25.773	3.151	2.682	1.7	69.784	0.957	0.112	0.238	0.470	Terreno suscettibile di liquefazione	25.53	Molto alto
15	5.80	70.020	40.600	24.433	3.163	2.701	1.7	72.236	0.956	0.115	0.239	0.481	Terreno suscettibile di liquefazione	25.73	Molto alto
16	6.00	73.940	42.559	23.216	3.176	2.719	1.7	74.668	0.954	0.119	0.240	0.494	Terreno suscettibile di liquefazione	25.82	Molto alto
17	6.20	77.860	44.517	22.107	3.189	2.736	1.7	77.083	0.953	0.123	0.242	0.507	Terreno suscettibile di liquefazione	25.82	Molto alto
18	6.40	81.780	46.476	21.091	3.201	2.753	1.7	79.480	0.951	0.127	0.243	0.522	Terreno suscettibile di liquef	25.71	Molto alto

													azione		
19	6.60	85.700	48.435	20.157	3.214	2.770	1.7	81.862	0.950	0.131	0.244	0.538	Terreno suscettibile di liquefazione	25.49	Molto alto
20	6.80	89.620	50.393	19.296	3.227	2.786	1.7	84.228	0.948	0.136	0.245	0.554	Terreno suscettibile di liquefazione	25.16	Molto alto
21	7.00	93.540	52.352	18.499	3.240	2.801	1.7	86.579	0.946	0.140	0.245	0.572	Terreno suscettibile di liquefazione	24.71	Molto alto
22	7.20	97.460	54.311	17.760	3.253	2.816	1.7	88.917	0.945	0.145	0.246	0.591	Terreno suscettibile di liquefazione	24.15	Molto alto
23	7.40	101.380	56.269	17.072	3.267	2.831	1.7	91.241	0.943	0.151	0.247	0.611	Terreno suscettibile di liquefazione	23.47	Molto alto
24	7.60	105.310	58.238	69.070	1.438	2.135	1.310378	105.082	0.942	0.188	0.247	0.761	Terreno suscettibile di liquef	14.74	Alto

													azione		
25	7.80	109.250	60.217	67.926	1.439	2.141	1.288669	104.138	0.940	0.185	0.247	0.748	Terreno suscettibile di liquefazione	15.85	Molto alto
26	8.00	113.190	62.195	66.837	1.440	2.146	1.268004	103.243	0.939	0.182	0.248	0.736	Terreno suscettibile di liquefazione	16.92	Molto alto
27	8.20	117.130	64.174	65.798	1.441	2.152	1.248303	102.392	0.937	0.180	0.248	0.725	Terreno suscettibile di liquefazione	17.95	Molto alto
28	8.40	121.070	66.153	64.807	1.442	2.157	1.229493	101.582	0.936	0.177	0.248	0.714	Terreno suscettibile di liquefazione	18.95	Molto alto
29	8.60	125.010	68.131	63.859	1.443	2.162	1.211508	100.809	0.934	0.175	0.249	0.705	Terreno suscettibile di liquefazione	19.93	Molto alto
30	8.80	128.950	70.110	62.951	1.445	2.167	1.19429	100.072	0.933	0.173	0.249	0.696	Terreno suscettibile di liquef	20.87	Molto alto

													azione		
31	9.00	132.890	72.089	62.081	1.446	2.172	1.177786	99.368	0.931	0.171	0.249	0.688	Terreno suscettibile di liquefazione	21.78	Molto alto
32	9.20	132.890	70.127	39.815	4.636	2.656	1.425975	153.793	0.928	0.418	0.255	1.639	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
33	9.40	132.890	68.166	40.960	4.636	2.647	1.467005	155.725	0.923	0.431	0.261	1.652	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
34	9.60	132.890	66.205	42.174	4.636	2.638	1.510465	157.746	0.918	0.445	0.267	1.665	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
35	9.80	132.890	64.243	43.461	4.636	2.629	1.556579	159.862	0.912	0.460	0.274	1.680	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
36	10.00	132.890	62.282	44.830	4.636	2.620	1.605597	162.081	0.907	0.476	0.281	1.695	Terreno	0	Molto bass

													non suscettibile di liquefazione		o
37	10.20	132.890	60.321	46.288	4.636	2.610	1.657803	164.414	0.902	0.493	0.288	1.712	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
38	10.40	132.890	58.359	47.843	4.636	2.600	1.7	165.553	0.896	0.502	0.296	1.695	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
39	10.60	132.890	56.398	250.923	1.860	1.834	1.331581	284.191	0.891	2.215	0.305	7.271	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
40	10.80	132.890	54.437	255.404	1.860	1.830	1.355357	288.374	0.886	2.310	0.314	7.366	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
41	11.00	132.890	52.475	260.133	1.860	1.825	1.380454	292.788	0.880	2.414	0.323	7.465	Terreno non suscettibile di	0	Molto basso

													liquefazione		
42	11.20	132.890	50.514	265.135	1.860	1.821	1.406998	297.453	0.875	2.528	0.334	7.569	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
43	11.40	132.890	48.553	270.437	1.860	1.816	1.435135	302.395	0.870	2.652	0.345	7.679	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
44	11.60	132.890	46.591	276.070	1.860	1.810	1.465031	307.641	0.864	2.788	0.358	7.795	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
45	11.80	132.890	44.630	282.071	1.860	1.805	1.496876	313.225	0.859	2.938	0.371	7.918	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
46	12.00	132.890	42.669	288.481	1.860	1.800	1.530892	319.184	0.854	3.104	0.386	8.049	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso

47	12.20	132.890	40.707	295.349	1.860	1.794	1.567339	325.561	0.848	3.289	0.402	8.187	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
48	12.40	132.890	38.746	302.732	1.860	1.788	1.606518	332.408	0.843	3.496	0.419	8.335	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
49	12.60	132.890	36.785	310.698	1.860	1.782	1.648791	339.784	0.838	3.728	0.439	8.493	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
50	12.80	132.890	34.823	319.328	1.860	1.775	1.694587	347.763	0.832	3.991	0.461	8.663	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
51	13.00	132.890	32.862	328.719	1.860	1.768	1.7	347.352	0.827	3.978	0.485	8.199	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
52	13.20	132.890	30.901	338.991	1.860	1.761	1.7	345.766	0.822	3.924	0.513	7.656	Terreno non	0	Molto basso

													suscettibile di liquefazione		
53	13.40	132.890	28.940	350.290	1.860	1.754	1.7	344.106	0.816	3.869	0.544	7.116	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
54	13.60	132.890	26.978	362.800	1.860	1.746	1.7	342.362	0.811	3.812	0.579	6.578	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
55	13.80	132.890	25.017	376.753	1.860	1.737	1.7	340.520	0.806	3.752	0.621	6.044	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
56	14.00	132.890	23.056	392.451	1.860	1.728	1.7	338.563	0.800	3.689	0.669	5.513	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
57	14.20	132.890	21.094	410.291	1.860	1.719	1.7	336.470	0.795	3.623	0.726	4.987	Terreno non suscettibile di liquef	0	Molto basso

													azione		
58	14.40	132.890	19.133	430.807	1.860	1.708	1.7	334.214	0.790	3.552	0.796	4.465	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
59	14.60	132.890	17.172	454.746	1.860	1.697	1.7	331.756	0.784	3.476	0.880	3.948	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
60	14.80	132.890	15.210	483.176	1.860	1.684	1.7	329.047	0.779	3.393	0.987	3.437	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
61	15.00	132.890	13.249	517.707	1.860	1.670	1.7	326.014	0.774	3.302	1.126	2.934	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
62	15.20	136.830	15.228	0.000	0.000	0.000	1.7	0.000	0.768	0.050	1.001	0.050	Terreno suscettibile di liquefazione	89.53	Molto alto
63	15.40	140.770	17.206	0.000	0.000	0.000	1.7	0.000	0.763	0.050	0.905	0.055	Terreno	89.48	Molto alto

													suscettibile di liquefazione		
64	15.60	144.710	19.185	0.000	0.000	0.000	1.7	0.000	0.757	0.050	0.829	0.060	Terreno suscettibile di liquefazione	89.42	Molto alto
65	15.80	148.650	21.164	0.000	0.000	0.000	1.7	0.000	0.752	0.050	0.766	0.065	Terreno suscettibile di liquefazione	89.35	Molto alto
66	16.00	152.590	23.142	0.000	0.000	0.000	1.7	0.000	0.747	0.050	0.714	0.070	Terreno suscettibile di liquefazione	89.28	Molto alto
67	16.20	156.530	25.121	0.000	0.000	0.000	1.7	0.000	0.741	0.050	0.670	0.075	Terreno suscettibile di liquefazione	89.20	Molto alto
68	16.40	160.470	27.100	0.000	0.000	0.000	1.7	0.000	0.736	0.050	0.632	0.079	Terreno suscettibile di liquefazione	89.11	Molto alto
69	16.60	164.410	29.078	0.000	0.000	0.000	1.7	0.000	0.731	0.050	0.599	0.083	Terreno	89.01	Molto alto

													suscettibile di liquefazione		
70	16.80	168.350	31.057	0.000	0.000	0.000	1.7	0.000	0.725	0.050	0.570	0.088	Terreno suscettibile di liquefazione	88.90	Molto alto
71	17.00	172.290	33.036	0.000	0.000	0.000	1.7	0.000	0.720	0.050	0.545	0.092	Terreno suscettibile di liquefazione	88.78	Molto alto
72	17.20	176.230	35.014	0.000	0.000	0.000	1.689965	0.000	0.715	0.050	0.522	0.096	Terreno suscettibile di liquefazione	88.65	Molto alto
73	17.40	180.170	36.993	0.000	0.000	0.000	1.644148	0.000	0.709	0.050	0.501	0.100	Terreno suscettibile di liquefazione	88.50	Molto alto
74	17.60	184.110	38.972	0.000	0.000	0.000	1.601865	0.000	0.704	0.050	0.483	0.104	Terreno suscettibile di liquefazione	88.35	Molto alto
75	17.80	188.050	40.950	0.000	0.000	0.000	1.562686	0.000	0.699	0.050	0.466	0.107	Terreno	88.18	Molto alto

													suscettibile di liquefazione		
76	18.00	191.990	42.929	0.000	0.000	0.000	1.526248	0.000	0.693	0.050	0.450	0.111	Terreno suscettibile di liquefazione	88.00	Molto alto
77	18.20	195.930	44.908	0.000	0.000	0.000	1.492245	0.000	0.688	0.050	0.436	0.115	Terreno suscettibile di liquefazione	87.80	Molto alto
78	18.40	199.870	46.886	0.000	0.000	0.000	1.460418	0.000	0.683	0.050	0.422	0.118	Terreno suscettibile di liquefazione	87.59	Molto alto
79	18.60	203.810	48.865	0.000	0.000	0.000	1.430544	0.000	0.677	0.050	0.410	0.122	Terreno suscettibile di liquefazione	87.37	Molto alto
80	18.80	207.750	50.844	0.000	0.000	0.000	1.402432	0.000	0.672	0.050	0.398	0.126	Terreno suscettibile di liquefazione	87.13	Molto alto
81	19.00	211.690	52.822	0.000	0.000	0.000	1.375915	0.000	0.667	0.050	0.388	0.129	Terreno	86.88	Molto alto

													suscettibile di liquefazione		
82	19.20	215.630	54.801	0.000	0.000	0.000	1.350846	0.000	0.661	0.050	0.378	0.132	Terreno suscettibile di liquefazione	86.62	Molto alto
83	19.40	219.570	56.780	0.000	0.000	0.000	1.327101	0.000	0.656	0.050	0.368	0.136	Terreno suscettibile di liquefazione	86.34	Molto alto
84	19.60	223.510	58.758	0.000	0.000	0.000	1.304564	0.000	0.651	0.050	0.359	0.139	Terreno suscettibile di liquefazione	86.04	Molto alto
85	19.80	227.450	60.737	0.000	0.000	0.000	1.283139	0.000	0.645	0.050	0.351	0.143	Terreno suscettibile di liquefazione	85.73	Molto alto

IPL (Iwasaki)=25.06 Zcrit=20 m Rischio=Molto alto

9.1.3 SEED IDRISS

DATI GENERALI

Data 05/12/2023

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 2.8 m

DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.26

Fattore amplificazione 0.26

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i<=15°

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.5

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.03

Distanza epicentro 8.75 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.39

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1		0	0.5	0	0	0	0	0	91.2	327.45
2		0.5	1	0	0	0	0	4478	94.63	327.45
3		1	2	0	0	0	0	4085	173.5	327.45
4		2	2.2	0	0	0	0	1863	183	327.45
5		2.2	2.6	18.7	19.6	0	0.01402	5001	98.06	327.45
6		2.6	7.5	18.7	19.6	6	0.01402	1062	31.38	157.4
7		7.5	9	19.4	19.7	21	0.15915	5271	74.28	206.3
8		9	10.5	0	0	0	0	2925	129.44	206.3
9		10.5	15	0	0	0	0	18844	348.12	285.25

10		15	30	19.4	19.7	17	0.01685	0	0	349.38

Seed H. B. Idriss I. M. (1985)

Energy Ratio (ER) 0.6

Diametro foro di sondaggio 100 mm

Tipo di campionatore standard

Strato Nr.	Frazione fine (%)	Validità
1-	0	Valido per sabbie pulite
2-	0	Valido per sabbie pulite
3-	0	Valido per sabbie pulite
4-	0	Valido per sabbie pulite
5-	0	Valido per sabbie pulite
6-	0	Valido per sabbie pulite
7-	0	Valido per sabbie pulite
8-	0	Valido per sabbie pulite
9-	0	Valido per sabbie pulite

Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Correzione per la pressione litostatica efficace (CN)	(N1)60cs	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione
1	3.00	15.140	13.179	1.700	10.200	0.977	0.201	0.285	0.71	Terreno suscettibile di liquefazione
2	3.20	19.060	15.137	1.700	10.200	0.976	0.201	0.311	0.64	Terreno suscettibile di liquefazione

3	3.40	22.980	17.096	1.700	10.200	0.974	0.201	0.332	0.60	Terreno suscettibile di liquefazione
4	3.60	26.900	19.055	1.700	10.200	0.972	0.201	0.348	0.58	Terreno suscettibile di liquefazione
5	3.80	30.820	21.013	1.700	10.200	0.971	0.201	0.361	0.56	Terreno suscettibile di liquefazione
6	4.00	34.740	22.972	1.700	10.200	0.969	0.201	0.372	0.54	Terreno suscettibile di liquefazione
7	4.20	38.660	24.931	1.700	10.200	0.968	0.201	0.380	0.53	Terreno suscettibile di liquefazione
8	4.40	42.580	26.889	1.700	10.200	0.966	0.201	0.388	0.52	Terreno suscettibile di liquefazione
9	4.60	46.500	28.848	1.700	10.200	0.965	0.201	0.394	0.51	Terreno suscettibile di liquefazione
10	4.80	50.420	30.807	1.700	10.200	0.963	0.201	0.400	0.50	Terreno suscettibile di liquefazione
11	5.00	54.340	32.765	1.700	10.200	0.962	0.201	0.404	0.50	Terreno suscettibile di liquefazione

12	5.20	58.260	34.724	1.697	10.182	0.960	0.200	0.408	0.49	Terreno suscettibile di liquefazione
13	5.40	62.180	36.683	1.651	9.907	0.959	0.196	0.412	0.48	Terreno suscettibile di liquefazione
14	5.60	66.100	38.641	1.609	9.652	0.957	0.192	0.415	0.46	Terreno suscettibile di liquefazione
15	5.80	70.020	40.600	1.569	9.416	0.956	0.189	0.418	0.45	Terreno suscettibile di liquefazione
16	6.00	73.940	42.559	1.533	9.197	0.954	0.185	0.420	0.44	Terreno suscettibile di liquefazione
17	6.20	77.860	44.517	1.499	8.993	0.953	0.182	0.422	0.43	Terreno suscettibile di liquefazione
18	6.40	81.780	46.476	1.467	8.801	0.951	0.179	0.424	0.42	Terreno suscettibile di liquefazione
19	6.60	85.700	48.435	1.437	8.621	0.950	0.177	0.426	0.42	Terreno suscettibile di liquefazione
20	6.80	89.620	50.393	1.409	8.452	0.948	0.174	0.427	0.41	Terreno suscettibile di liquefazione

21	7.00	93.540	52.352	1.382	8.292	0.946	0.172	0.429	0.40	Terreno suscettibile di liquefazione
22	7.20	97.460	54.311	1.357	8.142	0.945	0.170	0.430	0.39	Terreno suscettibile di liquefazione
23	7.40	101.380	56.269	1.333	7.999	0.943	0.168	0.431	0.39	Terreno suscettibile di liquefazione
24	7.60	105.310	58.238	1.310	27.518	0.942	0.618	0.432	1.43	Terreno non suscettibile di liquefazione
25	7.80	109.250	60.217	1.289	27.062	0.940	0.594	0.432	1.37	Terreno non suscettibile di liquefazione
26	8.00	113.190	62.195	1.268	26.628	0.939	0.574	0.433	1.32	Terreno non suscettibile di liquefazione
27	8.20	117.130	64.174	1.248	26.214	0.937	0.556	0.434	1.28	Terreno non suscettibile di liquefazione
28	8.40	121.070	66.153	1.229	25.819	0.936	0.540	0.434	1.24	Terreno suscettibile di liquefazione
29	8.60	125.010	68.131	1.212	25.442	0.934	0.526	0.435	1.21	Terreno

										suscettibile di liquefazione
30	8.80	128.950	70.110	1.194	25.080	0.933	0.513	0.435	1.18	Terreno suscettibile di liquefazione
31	9.00	132.890	72.089	1.178	24.734	0.931	0.501	0.435	1.15	Terreno suscettibile di liquefazione
32	9.20	132.890	70.127	1.194	0.000	0.935	0.086	0.449	0.19	Terreno suscettibile di liquefazione
33	9.40	132.890	68.166	1.211	0.000	0.930	0.086	0.459	0.19	Terreno suscettibile di liquefazione
34	9.60	132.890	66.205	1.229	0.000	0.924	0.086	0.470	0.18	Terreno suscettibile di liquefazione
35	9.80	132.890	64.243	1.248	0.000	0.919	0.086	0.482	0.18	Terreno suscettibile di liquefazione
36	10.00	132.890	62.282	1.267	0.000	0.914	0.086	0.494	0.17	Terreno suscettibile di liquefazione
37	10.20	132.890	60.321	1.288	0.000	0.909	0.086	0.508	0.17	Terreno suscettibile di liquefazione
38	10.40	132.890	58.359	1.309	0.000	0.904	0.086	0.522	0.16	Terreno

										suscettibile di liquefazione
39	10.60	132.890	56.398	1.332	0.000	0.898	0.086	0.537	0.16	Terreno suscettibile di liquefazione
40	10.80	132.890	54.437	1.355	0.000	0.893	0.086	0.553	0.16	Terreno suscettibile di liquefazione
41	11.00	132.890	52.475	1.380	0.000	0.888	0.086	0.570	0.15	Terreno suscettibile di liquefazione
42	11.20	132.890	50.514	1.407	0.000	0.883	0.086	0.589	0.15	Terreno suscettibile di liquefazione
43	11.40	132.890	48.553	1.435	0.000	0.878	0.086	0.609	0.14	Terreno suscettibile di liquefazione
44	11.60	132.890	46.591	1.465	0.000	0.872	0.086	0.631	0.14	Terreno suscettibile di liquefazione
45	11.80	132.890	44.630	1.497	0.000	0.867	0.086	0.655	0.13	Terreno suscettibile di liquefazione
46	12.00	132.890	42.669	1.531	0.000	0.862	0.086	0.681	0.13	Terreno suscettibile di liquefazione
47	12.20	132.890	40.707	1.567	0.000	0.857	0.086	0.709	0.12	Terreno

										suscettibile di liquefazione
48	12.40	132.890	38.746	1.607	0.000	0.852	0.086	0.740	0.12	Terreno suscettibile di liquefazione
49	12.60	132.890	36.785	1.649	0.000	0.846	0.086	0.775	0.11	Terreno suscettibile di liquefazione
50	12.80	132.890	34.823	1.695	0.000	0.841	0.086	0.814	0.11	Terreno suscettibile di liquefazione
51	13.00	132.890	32.862	1.700	0.000	0.836	0.086	0.857	0.10	Terreno suscettibile di liquefazione
52	13.20	132.890	30.901	1.700	0.000	0.831	0.086	0.906	0.09	Terreno suscettibile di liquefazione
53	13.40	132.890	28.940	1.700	0.000	0.826	0.086	0.961	0.09	Terreno suscettibile di liquefazione
54	13.60	132.890	26.978	1.700	0.000	0.820	0.086	1.024	0.08	Terreno suscettibile di liquefazione
55	13.80	132.890	25.017	1.700	0.000	0.815	0.086	1.098	0.08	Terreno suscettibile di liquefazione
56	14.00	132.890	23.056	1.700	0.000	0.810	0.086	1.184	0.07	Terreno

										suscettibile di liquefazione
57	14.20	132.890	21.094	1.700	0.000	0.805	0.086	1.285	0.07	Terreno suscettibile di liquefazione
58	14.40	132.890	19.133	1.700	0.000	0.800	0.086	1.408	0.06	Terreno suscettibile di liquefazione
59	14.60	132.890	17.172	1.700	0.000	0.794	0.086	1.558	0.06	Terreno suscettibile di liquefazione
60	14.80	132.890	15.210	1.700	0.000	0.789	0.086	1.748	0.05	Terreno suscettibile di liquefazione
61	15.00	132.890	13.249	1.700	0.000	0.784	0.086	1.993	0.04	Terreno suscettibile di liquefazione
62	15.20	136.830	15.228	1.700	28.900	0.779	0.709	1.774	0.40	Terreno suscettibile di liquefazione
63	15.40	140.770	17.206	1.700	28.900	0.774	0.709	1.604	0.44	Terreno suscettibile di liquefazione
64	15.60	144.710	19.185	1.700	28.900	0.768	0.709	1.469	0.48	Terreno suscettibile di liquefazione
65	15.80	148.650	21.164	1.700	28.900	0.763	0.709	1.359	0.52	Terreno

										suscettibile di liquefazione
66	16.00	152.590	23.142	1.700	28.900	0.758	0.709	1.267	0.56	Terreno suscettibile di liquefazione
67	16.20	156.530	25.121	1.700	28.900	0.753	0.709	1.189	0.60	Terreno suscettibile di liquefazione
68	16.40	160.470	27.100	1.700	28.900	0.748	0.709	1.122	0.63	Terreno suscettibile di liquefazione
69	16.60	164.410	29.078	1.700	28.900	0.742	0.709	1.064	0.67	Terreno suscettibile di liquefazione
70	16.80	168.350	31.057	1.700	28.900	0.737	0.709	1.013	0.70	Terreno suscettibile di liquefazione
71	17.00	172.290	33.036	1.700	28.900	0.732	0.709	0.968	0.73	Terreno suscettibile di liquefazione
72	17.20	176.230	35.014	1.690	28.729	0.727	0.695	0.927	0.75	Terreno suscettibile di liquefazione
73	17.40	180.170	36.993	1.644	27.951	0.722	0.643	0.891	0.72	Terreno suscettibile di liquefazione
74	17.60	184.110	38.972	1.602	27.232	0.716	0.603	0.858	0.70	Terreno

										suscettibile di liquefazione
75	17.80	188.050	40.950	1.563	26.566	0.711	0.571	0.828	0.69	Terreno suscettibile di liquefazione
76	18.00	191.990	42.929	1.526	25.946	0.706	0.545	0.800	0.68	Terreno suscettibile di liquefazione
77	18.20	195.930	44.908	1.492	25.368	0.701	0.523	0.775	0.67	Terreno suscettibile di liquefazione
78	18.40	199.870	46.886	1.460	24.827	0.696	0.504	0.752	0.67	Terreno suscettibile di liquefazione
79	18.60	203.810	48.865	1.431	24.319	0.690	0.488	0.730	0.67	Terreno suscettibile di liquefazione
80	18.80	207.750	50.844	1.402	23.841	0.685	0.473	0.710	0.67	Terreno suscettibile di liquefazione
81	19.00	211.690	52.822	1.376	23.391	0.680	0.460	0.691	0.67	Terreno suscettibile di liquefazione
82	19.20	215.630	54.801	1.351	22.964	0.675	0.448	0.673	0.67	Terreno suscettibile di liquefazione
83	19.40	219.570	56.780	1.327	22.561	0.670	0.437	0.656	0.67	Terreno

										suscettibile di liquefazione
84	19.60	223.510	58.758	1.305	22.178	0.664	0.427	0.641	0.67	Terreno suscettibile di liquefazione
85	19.80	227.450	60.737	1.283	21.813	0.659	0.418	0.626	0.67	Terreno suscettibile di liquefazione

Correzione per ER (CE) 1

Correzione diametro foro (CB) 1

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.75

IPL (Iwasaki)=39.93 Zcrit=20 m Rischio=Molto alto

10 ANALISI AMBIENTALI

In ottemperanza al D. lgs. 152/06, all. 5, parte IV Tab. 1/A, sono stati prelevati campioni due campioni per 14 punti di indagine, rispettivamente tra 0 e 1 metro di profondità dal p.c. e tra 1 e 2 metri di profondità dal p.c. I campioni prelevati hanno permesso di verificare la concentrazione soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo in relazione alla specifica destinazione d'uso del sito oggetto di progetto.

Di seguito se ne riporta l'elenco:

1. V1 - 1.00 mt e 2.00 mt;
2. V2 - 1.00 mt e 2.00 mt;
3. V3 - 1.00 mt e 2.00 mt;
4. V4 - 1.00 mt e 2.00 mt;
5. R1 - 1.00 mt e 2.00 mt;
6. R2 - 1.00 mt e 2.00 mt;
7. R3 - 1.00 mt e 2.00 mt;
8. R4 - 1.00 mt e 2.00 mt;
9. G1 - 1.00 mt e 2.00 mt;
10. G2 - 1.00 mt e 2.00 mt;
11. G3 - 1.00 mt e 2.00 mt;
12. G4 - 1.00 mt e 2.00 mt;
13. G5 - 1.00 mt e 2.00 mt;
14. G6 - 1.00 mt e 2.00 mt.

Tutte le risultanze ottenute sono descritte nella relazione allegata al rapporto tecnico della CIGIT Soc. Coop.

11 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il presente elaborato è stato eseguito a seguito di aggiudcazione di procedura di gara relativa alla "Riqualifica della viabilità di accesso e delle aree di sosta" presso l'aeroporto di Lamezia Terme (CZ) ed è finalizzato a caratterizzare da un punto di vista geologico-geotecnico le aree interessate dai ridetti lavori.

La caratterizzazione e la modellazione geologica è consistita nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici e geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del geo-sito, inserito in un contesto geotematico di riferimento.

In funzione del tipo di intervento in progetto e della "complessità"/semplicità del contesto geologico in argomento, sono state esperite le prospezioni geognostiche e geofisiche basilari per la documentata ricostruzione del modello geologico. Detto modello è stato dettagliato per costituire utile elemento di riferimento per i progettisti delle strutture che si occuperanno degli interventi.

Il modello litostrutturale, le cui condizioni geotematiche sono state dissertate nei precedenti paragrafi, è sintetizzabile ad un sistema litozonale a cinque orizzonti, discretizzato da quattro superfici di discontinuità.

Il modello geologico e geotecnico, i parametri sismici ed elastici attribuibili ai terreni oggetto degli interventi sono riportati nei relativi paragrafi, nel dettaglio nei paragrafi 7 e 8, e si rimanda, per ulteriore consultazione di tabelle riassuntive e grafici, a tutto quanto riportato negli ALLEGATI della relazione redatta dalla CIGIT Soc. Coop.

Gli studi inerenti la fattibilità geologica e la compatibilità delle opere con le condizioni geologiche, idrogeologiche, idrauliche e geomorfologiche dell'area di intervento, consentono di mettere in luce condizioni di valida compatibilità delle previsioni progettuali riguardo alle condizioni naturali dei luoghi ed, in particolare, nel rispetto degli assetti geologico, geomorfologico e idrogeologico.

Di seguito i punti salienti emersi:

☒ **FATTIBILITÀ GEOLOGICA**

La **fattibilità geologica** degli interventi risulta compatibile e positiva con le caratteristiche geo-litologiche e strutturali del sito di interesse, in relazione alle seguenti risultanze:

- le formazioni geologiche affioranti e sub-affioranti nell'area sono dotate di una plausibile continuità in superficie ed in profondità;

☒ **FATTIBILITÀ GEOMORFOLOGICA**

La **fattibilità geomorfologica** risulta compatibile e positiva riguardo ai lineamenti salienti del paesaggio morfologico dei luoghi, in virtù delle seguenti considerazioni:

- il sito insiste su di un settore della superficie topografica contraddistinto da morfologia sub-pianeggiante e non rivela problemi di stabilità a grande scala;
- il sito non presenta forme depresse dovute ad erosione carsica di superficie;
- non sono presenti salti o rigetti morfologici riconducibili ad attività tettonica;
- l'area d'interesse non risulta direttamente attraversata da impluvi di natura fluvio-carsica modellati "a lama" ed i siti d'interesse sono distanti oltre 150 metri dalle principali aste idrografiche che incidono le zone limitrofe. I tratti morfologici esaminati garantiscono condizioni di stabilità dei terreni nei confronti dei processi erosionali e gravitativi;
- con riferimento agli aspetti inerenti alla tutela paesaggistica del territorio, i siti di intervento non ricadono in area sottoposta a vincolo geomorfologico, a riprova delle osservazioni sopra descritte;

☒ **FATTIBILITÀ IDRAULICA E IDROGEOLOGICA**

La **fattibilità idraulica e idrogeologica** è compatibile con i principali tratti idrografici di superficie e di profondità esaminati, ed è positiva poiché:

- alla luce delle osservazioni geomorfologiche ed idrogeologiche svolte in corrispondenza dell'area di interesse, emerge come i siti esaminati si collocano in una posizione distanziata rispetto all'asse degli impluvi cartografati e perimetrati dall'Autorità competente;
- con riferimento agli aspetti inerenti alla tutela paesaggistica del territorio, in particolare al QUADRO TERRITORIALE REGIONALE PAESAGGISTICO (QTRP), i siti di intervento non ricadono in area sottoposta a vincolo;
- le aree di progetto interessano in parte zone a rischio idraulico e alluvioni, pertanto sono stati redatti studi di compatibilità idrologico-idrualica che attestano la sicurezza idraulica degli interventi proposti;
- le opere avranno cura di non implicare stravolgimenti dell'assetto idrologico ed idraulico, né tantomeno altereranno le condizioni di permeabilità del suolo e del sottosuolo.

☒ **LIQUEFAZIONE**

Per un sisma con M=6,03, accelerazione pari a 0,39g, e livello della falda medio a 2,8 metri dal p.c. l'Indice Potenziale di Liquefazione (IPL) è risultato tale da associare il sito a rischio molto alto.

Corato, dicembre 2023

Geol. Gianluigi Mazzilli

Geol. Pierluigi Arbore